

Influencia de la práctica deportiva en la morfología de la columna vertebral en el plano sagital.

Autor: Antonio Jesús Liarte Sánchez.

Director: José María Muyor Rodríguez.

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

2016

Departamento de Educación.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre la influencia de la práctica deportiva en la disposición sagital del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica y su relación con diferentes variables como el sexo, edad y categoría deportiva, entre otras. Para ello se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Dialnet, Pubmed, Researchgate, Google académico y Scopus incluyendo también capítulos de libros. La búsqueda se inició sin establecer ninguna fecha de exclusión. Los criterios de elegibilidad se han basado en la lectura de los títulos y resúmenes de los distintos artículos para comprobar si, en los diferentes trabajos encontrados, analizaban la variable objeto de este trabajo.

En total se han escogido 87 artículos para la revisión, de los cuales tras leer su resumen, 24 fueron excluidos. Los resultados obtenidos tras analizar dichos artículos han sido que dependiendo de los gestos deportivos, las características biomecánicas del mismo y el tiempo prolongado con la columna vertebral en una determinada posición, generan alteraciones de la columna en su zona torácica, lumbar o en ambas. Como conclusión se obtuvo que el realizar deportes en los que predomina una prolongada flexión de tronco como son el esquí, la lucha, el ciclismo, el voleibol o el rugby podría dar lugar a una excesiva hipercifosis en la zona torácica; en otros deportes en los que se realiza gestos de forma sistematizada como son el baile, el Pilates y la gimnasia obtuvieron mejores resultados que los del grupo control; y por último, en deportes en los que hay un predominio de flexión de cadera mantenida como son el piragüismo en la modalidad de kayak y canoa, se observa una ligera flexión en la parte dorsal y una buena curvatura lumbar en bipedestación, pero en las mediciones en flexión máxima de tronco cambia a la inversa, produciéndose una actitud cifótica en la curva lumbar y una correcta curvatura en la curva dorsal.

Palabras clave: morfología del raquis, lordosis lumbar, cifosis dorsal, Spinal Mouse

Índice

1	Introducción.....	1
2	Columna vertebral o raquis.....	2
3	Metodo.....	8
4	Resultados.....	9
5	Conclusiones.....	10
6	Referencias	11
7	Anexos.....	18

Introducción

La práctica físico deportiva sistemática, podría producir diferentes efectos sobre los diferentes órganos y sistemas de cuerpo humano, entre ellos, el sistema músculo esquelético. La adopción de posturas inadecuadas y la repetición de determinados gestos de forma sistematizada podrían generar alteraciones en la disposición sagital del raquis. En todos los deportes, incluso en los más estáticos, se realizan movimientos de flexo-extensión, inclinación lateral o rotación del tronco, de los cuales es responsable la columna vertebral (Balius, Balius y Balius, 1987). López Jimeno (1993) destaca, entre las principales causas de alteraciones de la columna vertebral, a factores mecánicos como disfunciones estáticas fisiológicas, actitudes viciosas (alteraciones posturales), malformaciones vertebrales, anomalías locales (malformaciones dorsolumbares), traumatismos o microtraumatismos y/o dolores irradiados. Habelt, Hasler, Steinbrück y Majewski (2011) analizaron 4468 lesiones en deportistas adolescentes, encontrando entre ellas, 115 lesiones de la columna vertebral.

Las posturas de flexión intervertebral pueden llegar a producir un aumento de la presión intradiscal y un mayor riesgo de alteraciones raquídeas (Wilke, Neef, Caimi, Hoogland y Claes, 1999). Además, una prolongación de esta postura de flexión intervertebral aumenta la deformación de los tejidos viscoelásticos, generando una inestabilidad en el raquis lumbar (Solomonov, Baratta, Banks, Freudenberger y Zhou, 2003). La degeneración de las curvaturas de la columna vertebral conduce a la pérdida de la alineación sagital, pudiendo desencadenar una amplia gama de resultados adversos para la salud (Sparrey y cols., 2014). En este sentido, Briggs y cols. (2007) tras analizar la relación entre el estrés compresivo y de cizalla en bipedestación en función de la disposición del raquis, encontraron que la hipercifosis dorsal y la rectificación lumbar se asociaban a situaciones de mayor estrés raquídeo.

Balius y cols. (1987), realizaron una clasificación de los deportes en 5 grupos según el riesgo que ejercen estos sobre la columna: *Deportes vertebralmente negativos*: aquellos cuya práctica obliga necesariamente a la realización de movimientos de flexo-extensión, inclinación y rotación vertebral, de forma continuada (gimnasias rítmica, judo, lucha...). *Deportes vertebralmente negativos en potencia*: aquellos en los cuales los movimientos de la columna no deben ser necesariamente forzados de forma continuada (lanzamiento de martillo, disco, remo, ciclismo...). *Deportes vertebralmente*

indiferentes: aquellos en los cuales, los movimientos de la columna no son necesariamente forzados (fútbol, tenis, ping-pong...). *Deportes vertebralmente positivos*: aquellos que aunque comportan movimientos vertebrales continuados, estos no son forzados (baloncesto, balonmano, voleibol...). Y, por último, *deportes vertebralmente peligrosos*: aquellos en los que de forma accidental pueden producirse situaciones, capaces de provocar lesiones agudas (montañismo, paracaidismo...).

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente estudio fue realizar una revisión bibliográfica sobre cómo influyen los diferentes deportes en la modificación de las curvaturas de la columna vertebral, debido a que la frecuente adopción de posturas inadecuadas y la repetición sistemática de determinados gestos deportivos pueden ocasionar modificaciones en las curvas sagitales de la columna.

Columna vertebral o raquis

La morfología de la espalda viene determinada por la forma que tiene la columna vertebral y por los músculos que componen este conjunto constituyendo el pilar central del tronco. El desarrollo normal de las curvaturas de la columna vertebral depende de una compleja interacción entre factores de crecimiento heredables y el medio ambiente mecánico en el que la columna vertebral crece (Wojtys y cols., 2000).

La longitud del raquis mide aproximadamente de media unos 72 centímetros en el varón y 60 cm en la mujer. Esta longitud disminuye con la vejez como consecuencia de la deshidratación discal y acñaamiento de los cuerpos vertebrales torácicos, que aumentan la cifosis dorsal (Miralles y Puig, 1998). La longitud del raquis con las tres curvaturas oscila entre el 94-96% de la longitud del mismo totalmente estirado. Un raquis con una longitud menor al 94% tiene favorecido el aspecto dinámico (movilidad), mientras que con raquis con una longitud mayor al 96% se favorece el aspecto estático (rigidez) (Kapandji, 1981).

La forma de la estructura de la columna vertebral se debe a sus tres principales funciones que son dotar de rigidez suficiente para soportar cargas axiales, proteger la medula espinal y dar una adecuada flexibilidad y movilidad para los principales movimientos del tronco. La flexibilidad del raquis se debe a su configuración de piezas superpuestas, unidas entre sí a través de ligamentos y músculos. Gracias a esto, el raquis

puede deformarse sin perder su rigidez (Kapandji, 2006; Santonja, Pastor y Andújar, 2000).

Si observamos la columna vertebral podemos apreciar que, en el plano frontal, la columna vertebral es rectilínea, no obstante, algunas personas pueden tener una pequeña curva transversal, sin que esto signifique que presente alguna patología, siempre y cuando permanezca dentro de los límites de normalidad. En el plano sagital, la columna vertebral presenta cuatro curvas de naturaleza fisiológica: La lordosis cervical, constituida por 7 vértebras (C1 a C7) de convexidad anterior; la cifosis dorsal, formada por 12 vértebras (T1 a T12) de convexidad posterior; la lordosis lumbar, con 5 vértebras (L1 a L5) de convexidad anterior; la curva sacra, fija debido a la soldadura de las vértebras sacras y formada por 5 vértebras (S1 a S5) de convexidad posterior; y coccígea, con 4 ó 5 vértebras que constituyen el cóccix (Kapandji, 2006). La lordosis lumbar es única para la columna vertebral humana y es necesario para facilitar nuestra postura erguida. Sin embargo, la disminución de la lordosis lumbar y aumentó cifosis torácica son señas de identidad de una columna vertebral humana de envejecimiento (Sparrey y cols., 2014).

Estas curvas tienen unos grados considerados normales (Tabla 1), cualquier variación de estas curvas, ya sea por exceso o por defecto se considerarán deformidades del raquis. Estas deformidades podrán aparecer por incremento, disminución, eliminación o inversión de las curvas fisiológicas. Los grados de normalidad, ya sea para la curva dorsal o para la lumbar no están claramente delimitados ya que existe una gran controversia en función del autor del que se hable. Cuando la curva dorsal sea superior al rango máximo, se hablará de hipercifosis, mientras que si es inferior, será considerada rectificación dorsal. En el caso de la curva dorsal, grados superiores a la normalidad se considerarán hiperlordosis y grados inferiores rectificación lumbar (Santonja, 1996; Serna, Santonja y Pastor, 1996; Santonja, Pastor y Andújar, 2000). A continuación presentaremos una figura tomada de Serna y cols. (1996), donde se muestran las distintas posiciones del raquis en el plano sagital.

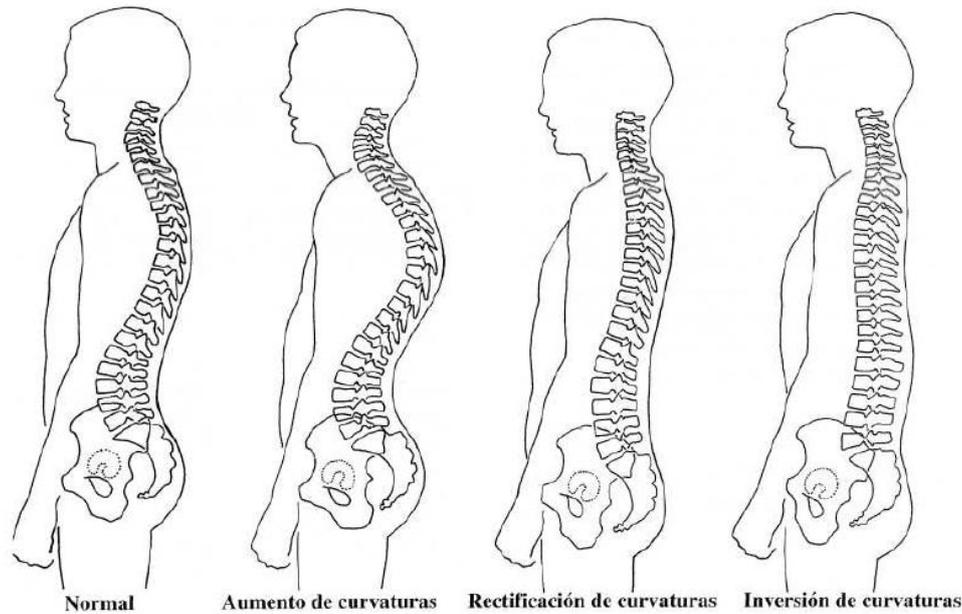


Figura 1. Disposiciones del raquis en el plano sagital (Tomado de Serna y cols., 1996).

La mayoría de estas alteraciones son de naturaleza postural, conocidas como actitudes posturales, no estructuradas, en las cuales, no existe alteración estructural ósea y pueden ser corregidas por el individuo (Stagnara, 1987). Por otro lado están las estructuradas que son parcialmente irreductibles y se consideran verdaderas, en estas alteraciones se producen deformaciones de vertebras, discos y, en general, de todos los elementos vertebrales implicados (Serna y cols., 1996).

Poussa y cols. (2005), analizaron el crecimiento y desarrollo de un grupo de 1060 sujetos (515 niñas y 546 niños), desde la edad de los 11 años hasta los 22. A lo largo del estudio se observó que la cifosis torácica fue más acentuada en el grupo de chicos que en el de chicas y la lordosis fue a la inversa, más acentuada en el grupo de chicas que en el de chicos, por lo que podemos llegar a la conclusión que con el paso del tiempo la cifosis dorsal se desarrolla más en los chicos y la lordosis es más acentuada en las chicas.

Widhe (2001), analizó el desarrollo de la postura y la movilidad de la columna durante el crecimiento. Se examinó un total de 90 niños a los 5-6 años de edad y a los 15-16. La postura cambió significativamente a lo largo del tiempo aumentándose en 6° tanto la cifosis torácica como la lordosis lumbar. El estudio muestra como la relación entre cifosis y lordosis era independiente del sexo en la edad 5-6, pero la cifosis en relación con la lordosis fue significativamente menor en las niñas entre los 15 y los 16 años de edad. Por otro lado, la movilidad de la columna disminuyó significativamente a

lo largo de los 10 años, encontrándose valores de movilidad inferiores de 27° en el tórax y de 4° en la zona lumbar.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestran los diferentes autores que proponen diversos valores de normalidad en función de la edad y/o sexo.

Tabla 1

Valores para la curva dorsal y lumbar.

Autor/es y año	Participantes	Rango curva dorsal	Rango curva lumbar	Método de medición
Fon, Pitt y Thies (1980)	295 (147 hombres y 148 mujeres) con edades comprendidas desde los 2 años hasta los 79	2-9 años: 5-40° H y 8-36° M 10-19 años: 8-39° H y 11-41° M 20-29 años: 13-48° H y 7-40° M 30-39 años: 13-49° H y 10-42° M 40-49 años: 17-44° H y 21-50° M 50-59 años: 25-45° H y 22-53° M 60-69 años: 25-62° H y 34-54° M 70-79 años: 32-66° H y 30-56° M		Radiografía.
Stagnara y cols. (1982)	1° analisis 100 sujetos (43 mujeres y 57 hombres). 2° analisis 37 sujetos (19 mujeres y 18 hombres)	7-63°	-32 – (-84)	Radiografía
Boseker, Moe, Winter y Koop (2000)	121 niños edad entre 5 y 19 años	20-50°	No medido	Radiografía

Santonja y Pastor. (2000).		30-65°	20-40°	
Mac-Thiong, Berthonnaud, Dimar, Betz y Labelle. (2004)	180 sujetos de 4 a 18 años.	Media de 43°	Media de 48,5°	Radiografía
Poussa y cols. (2005)	430 sujetos (208 chicas y 222 chicos) de 22 años	20-44°	16-36°	Pantografhy medula
Keorochana y cols. (2011)	430 sujetos (241 varones y 189 mujeres) con un rango de edad entre 15 y 85 años		20-50°	Radiografía
Čelan y cols. (2012)	250 sujetos (126 hombres y 124 mujeres)	10-46,8°	12,5-31,7°	Método de triangulación laser
El-Hawary y cols. (2013)	80 niños con escoliosis de 1 a 10 años	20,8-38°	16,6-49°	Radiografía

Nota. H = Hombre. M= Mujer.

Método

Para realizar la revisión de literatura se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Dialnet, Pubmed, Researchgate, Ovid, Google Académico y Scopus incluyendo también algunos capítulos de libros. La búsqueda se inicio sin establecer ninguna fecha de exclusión para tener una muestra más completa de la temática del trabajo. Los criterios de elegibilidad se han basado en la lectura de los títulos y resúmenes de los distintos artículos para comprobar si analizaban las curvaturas de la columna vertebral en el plano sagital o no.

Los descriptores utilizados en la búsqueda fueron para las bases de datos españolas: lumbar, columna vertebral, lordosis, deporte, valores de normalidad; y para las bases de datos internacionales: postural deformity, Sport injuries, kyphosis, lordosis, Spinal mouse, spine children, spine adults, spine morphology, spinal curvatures y normality values.

Se incluyeron artículos realizados tanto en niños, adolescentes y en adultos de ambos sexos.

Figura 2. Resumen de los pasos metodológicos.

Resultados

Hasta la actualidad, diversos estudios han analizado la influencia de determinados deportes en la disposición sagital del raquis, encontrando adaptaciones en las curvaturas raquídeas en deportes tales como gimnasia (Kums, Erelina, Gapeyeva, Pääsuke y Vain, 2007; Sainz de Baranda, Santonja y Rodríguez-Iniesta, 2009; Sainz de Baranda, Santonja y Rodríguez-Iniesta, 2010; Grabara, 2010) piragüistas (Caldwell, McNair y Williams, 2003; López-Miñarro, Alacid, Ferragut y García, 2008; López-Miñarro y Alacid, 2010; López-Miñarro, Alacid y Rodríguez-García, 2010; López-Miñarro, Muyor y Alacid, 2010; López-Miñarro, Muyor y Alacid, 2011; Muyor, Alacid y Lopez-Miñarro, 2011b; López-Miñarro, Muyor, Alacid, Isorna y Vaquero-Cristóbal, 2014), ciclismo (Usabiaga y cols., 1997; Muyor, Alacid y Lopez-Miñarro, 2011a; Muyor, López-Miñarro, y Alacid, 2011; Muyor, Alacid, López-Miñarro y Casimiro, 2012; Muyor, López-Miñarro, y Alacid, 2012; Muyor, Lopez-Miñarro y Alacid, 2014; Muyor y Zabala 2015), voleibol (Grabara y Hadzik, 2009; Grabara, 2015), esquí de fondo (Alricsson y Werner, 2006), baile (Nilsson, Wykman, Leanderson, 1993; Gómez-Lozano, Vargas-Macías, Santonja y Canteras, 2013; Vaquero y cols, 2015), futbol (Wodecki, Guigui, Hanotel, Cardinne y Deburge, 2002; Grabara, 2012), sala de musculación (López-Miñarro, Rodríguez, Santonja, Yuste y García, 2007), tenis (Muyor, Sánchez-Sánchez, Sanz-Rivas y López-Miñarro, 2013), tenis de mesa (Barczyk-Pawelec, Bańkosz y Derlich, 2012), halterofilia (Yang, Barani, Bhandarkar, Suh, Hong y Modi, 2014), pilates (Emery, De Serres, McMillan y Côté, 2010), lucha (Rajabi, Doherty, Goodarzi y Hemayattalab, 2008), natación (Zaina, Donzelli, Lusini, Minnella y Negrini, 2014), rugby (Rajabi, Mobarakabadi, Alizadhen y Hendrick, 2012), escalada (Förster, Penka, Bösl y Schöffl, 2008).

Otros estudios han evaluado y comparado el morfotipo raquídeo entre diferentes disciplinas deportivas (Aggrawal, Ravinder, Kumar y Mathur, 1979; Wojtys, Ashton-Miller, Huston y Moga, 2000; López-Miñarro, Alacid y Muyor, 2009).

También se ha evaluado la asociación que hay entre el tiempo de entrenamiento y su repercusión sobre la morfología de la columna vertebral (Wojtys, Ashton-Miller, Huston y Moga, 2000; Sainz de Baranda y cols., 2010). En este sentido, Wojtys y cols. (2000) tras evaluar a 2270 niños de diferentes modalidades deportivas, encontró un aumento de la cifosis torácica proporcional a las horas de entrenamiento. Sin embargo,

la lordosis lumbar no se modificaba hasta que el deportista no excedía las 400 horas al año. Sainz de Baranda y cols. (2010), en gimnastas en la especialidad de trampolín, observaron que la cifosis dorsal en relación al volumen total de entrenamiento se mantenía estable, mientras que la lordosis lumbar aumentaba en bipedestación y disminuía en flexión del tronco y en sedentación.

Para una presentación de los resultados más clara, se han agrupado los 39 artículos en una tabla (Tabla 2), ordenados por orden alfabético en función de la disciplina deportiva analizada. En cada estudio se especifica el número de participantes, el instrumento de valoración y las conclusiones (anexo 1).

Conclusiones

El objetivo de este estudio fue realizar una revisión bibliográfica sobre cómo influyen los diferentes deportes en la modificación de las curvaturas de la columna vertebral. Como conclusión se obtuvo que el realizar deportes en los que predomina una prolongada flexión de tronco como son el esquí, la lucha, el tenis, el ciclismo, el voleibol o el rugby podría dar lugar a una excesiva hipercifosis en la zona torácica; en otros deportes en los que se realiza gestos de forma sistematizada como son el baile, el Pilates y la gimnasia obtuvieron mejores resultados que los del grupo control; en deportes en los que hay un predominio de flexión de cadera mantenida como son el piragüismo en la modalidad de kayak y canoa, se observa una ligera flexión en la parte dorsal y una buena curvatura lumbar en bipedestación, pero en las mediciones en flexión máxima de tronco esto cambiaría a la inversa, produciéndose una actitud cifótica en la curva lumbar y una correcta curvatura en la curva dorsal; en deportes como natación se produce un aumento tanto en la curvatura dorsal como en la lumbar; y por último en deportes como la halterofilia o el fútbol, se produce un aumento de la hiperlordosis, no siendo significativo el aumento producido en la curva dorsal..

Una futura línea de investigación, debido a la falta de literatura será el estudio de las modificaciones sagitales de la columna en natación, diferenciando por estilos. Debido a que se ha estudiado como se modifica la curvatura en este deporte, pero no especificando la modificación que se produce, dependiendo de la especialidad de su estilo.

Referencias

- Aggrawal, N. D., Kaur, R., Kumar, S., y Mathur, D. N. (1979). A study of changes in the spine in weight lifters and other athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 13(2), 58-61.
- Alricsson, M., y Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain—A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184.
- Balius Juli, R., Balius Matas, R., y Balius Matas, X. (1987). Columna vertebral y deporte. *Apunts Medicina del Esport*, 24, 223-229.
- Barczyk-Pawelec, K., Bankosz, Z., y Derlich, M. (2012). Body postures and asymmetries in frontal and transverse planes in the trunk area in table tennis players. *Biology of Sport*, 29(2), 129-134.
- Briggs, A. M., Van Dieën, J. H., Wrigley, T. V., Greig, A. M., Phillips, B., Lo, S. K., y Bennell, K. L. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87(5), 595-607.
- Boseker, E. H., Moe, J. H., Winter, R. B., y Koop, S. E. (2000). Determination of “normal” thoracic kyphosis: a roentgenographic study of 121 “normal” children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 20(6), 796-798.
- Caldwell, J. S., McNair, P. J., y Williams, M. (2003). The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers. *Clinical Biomechanics*, 18(8), 704-711.
- Čelan, D., Palfy, M., Bračun, D., Turk, Z., Možina, J., y Komadina, R. (2012). Measurement of spinal sagittal curvatures using the laser triangulation method. *Collegium Antropologicum*, 36(1), 179-186.

- De Baranda, S., Medina, F., y Rodríguez-Iniesta, M. (2010). Tiempo de entrenamiento y plano sagital del raquis en gimnastas de trampolín. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 10(40), 521-536.
- De Baranda, P. S., Santonja, F., y Rodríguez-Iniesta, M. (2009). Valoración de la disposición sagital del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(16), 21-33.
- El-Hawary, R., Sturm, P. F., Cahill, P. J., Samdani, A. F., Vitale, M. G., Gabos, P. G., ... y Morris, S. H. (2013). Sagittal spinopelvic parameters of young children with scoliosis. *Spine Deformity*, 1(5), 343-347.
- Emery, K., De Serres, S. J., McMillan, A., y Côté, J. N. (2010). The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. *Clinical Biomechanics*, 25(2), 124-130.
- Fon, G. T., Pitt, M. J., y Thies Jr, A. C. (1980). Thoracic kyphosis: range in normal subjects. *American Journal of Roentgenology*, 134(5), 979-983.
- Förster, R., Penka, G., Bösl, T., y Schöffl, V. R. (2009). Climber's back--form and mobility of the thoracolumbar spine leading to postural adaptations in male high ability rock climbers. *International Journal of Sports Medicine*, 30(1), 53-59.
- Gómez-Lozano, S., Vargas-Macías, A., Santonja, F., y Canteras, M. (2013). Estudio descriptivo del morfotipo raquídeo sagital en bailarinas de flamenco. *Revista del Centro de Investigación Flamenco Telethusa*, 6(7), 19-28.
- Grabara, M. (2010). Postural variables in girls practicing sport gymnastics. *Biomedical Human Kinetics*, 2, 74-77.
- Grabara, M. (2012). Analysis of body posture between young football players and their untrained peers. *Human Movement*, 13(2), 120-126.

- Grabara, M. (2015). Comparison of posture among adolescent male volleyball players and non-athletes. *Biology of Sport*, 32(1), 79-85.
- Grabara, M., y Hadzik, A. (2009). Postural variables in girls practicing volleyball. *Biomedical Human Kinetics*, 1, 67-71.
- Habelt, S., Hasler, C. C., Steinbrück, K., y Majewski, M. (2011). Sport injuries in adolescents. *Orthopedic Reviews*, 3(18), 82-86.
- Kapandji, A.I. (1998). El raquis en conjunto. En *Fisiología articular* (pp. 12-52). Madrid: Panamericana
- Keorochana, G., Taghavi, C. E., Lee, K. B., Yoo, J. H., Liao, J. C., Fei, Z., y Wang, J. C. (2011). Effect of sagittal alignment on kinematic changes and degree of disc degeneration in the lumbar spine: an analysis using positional MRI. *Spine*, 36(11), 893-898.
- Kums, T., Ereline, J., Gapeyeva, H., Pääsuke, M., y Vain, A. (2007). Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 20(2-3), 87-95.
- López-Jimeno, C. (1993). Alteraciones de la estática postural de la columna vertebral. *Archivos de Medicina del Deporte*, 10(38), 181-187.
- Lopez-Minarro, P. A., y Alacid, F. (2010). Cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en piragüistas adolescentes. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 17, 5-9.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C., y García-Ibarra, A. (2008). Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canoístas y kayakistas de categoría infantil. *CCD. Cultura_Ciencia_Deporte*, 3(9), 171-176.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., y Muyor, J. M. (2009). Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Revista*

Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, 9(36), 379-392.

Lopez-Minarro, P. A., Alacid, F., y Rodriguez-Garcia, P. L. (2010). Comparison of sagittal spinal curvatures and hamstring muscle extensibility among young elite paddlers and non-athletes. *International SportMed Journal*, 11(2), 301-312.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., y Alacid, F. (2010). Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers. *Medicina Dello Sport*, 63(4), 509-519.

López-Miñarro, P.A., Muyor, J.M., y Alacid, F. (2011). Sagittal spinal and pelvic postures of highly-trained young canoeists. *Journal of Human Kinetics*, 29, 41-48.

Lopez-Minarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., Isorna, M., y Vaquero-Cristobal, R. (2014). Sagittal spinal curvatures and pelvic inclination in kayakers. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 14(56), 633-650.

López-Miñarro, P. A., Rodríguez, P. L., Santonja, F., Juste, J. L., y Ibarra, A. (2007). Disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(122), 435-441.

Mac-Thiong, J. M., Berthonnaud, É., Dimar, J. R., Betz, R. R., y Labelle, H. (2004). Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*, 29(15), 1642-1647.

Miralles, R. C., y Puig, M. (1998). Columna vertebral. *En Biomecánica clínica del aparato locomotor*. Masson: Barcelona.

Muyor, J. M., Alacid, F., y López-Miñarro, P. A. (2011). Morfología sagital del raquis en palistas jóvenes de alto nivel. *International Journal of Morphology*, 29(3), 1047-1053.

Muyor, J. M., Alacid, F., y López-Miñarro, P. Á. (2011). Valoración del morfotipo raquídeo en el plano sagital en ciclistas de categoría máster 40. *International Journal of Morphology*, 29(3), 727-732.

- Muyor, J. M., Alacid, F., López-Miñarro, P. A., y Casimiro, A. J. (2012). Evolución de la Morfología del Raquis e Inclinación Pélvica en Ciclistas de Diferentes Edades: Un Estudio Transversal. *International Journal of Morphology*, 30(1), 199-204.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. Á., y Alacid, F. (2011). Comparación de la disposición sagital del raquis lumbar entre ciclistas de élite y sedentarios. *CCD. Cultura_Ciencia_Deporte*, 6(16), 37-43.
- Muyor, J.M., López-Miñarro, P.A., y Alacid, F. (2012). Disposición sagital del raquis lumbar en ciclistas de élite y sedentarios. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 12(46), 3-3.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. Á., y Alacid, F. (2012). Valoración del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en ciclistas de categoría élite y máster 30. *Apunts. Educación física y deportes*, 2(108), 17-25.
- Muyor, J. M., Sánchez-Sánchez, E., Sanz-Rivas, D., y López-Miñarro, P. A. (2013). Sagittal spinal morphology in highly trained adolescent tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 588-593.
- Muyor, J. M., y Zabala, M. (2016). Road cycling and mountain biking produces adaptations on the spine and hamstring extensibility. *International Journal of Sports Medicine*, 37(1), 43-49.
- Nilsson, C., Wykman, A., y Leanderson, J. (1993). Spinal sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208.
- Poussa, M. S., Heliövaara, M. M., Seitsamo, J. T., Könönen, M. H., Hurmerinta, K. A., y Nissinen, M. J. (2005). Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *European Spine Journal*, 14(8), 738-742.

- Serna, L., Santonja, F., y Pastor, A. (1996). Exploración clínica del plano sagital del raquis. *Ortopedia y Deporte*, 5(2), 88-102.
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M., y Hemayattalab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and freestyle wrestlers and a group of non-athletic participants. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 229-232.
- Rajabi, R., Mobarakabadi, L., Alizadhen, H. M., y Hendrick, P. (2012). Thoracic kyphosis comparisons in adolescent female competitive field hockey players and untrained controls. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 52(5), 545-550.
- Solomonow, M., Baratta, R. V., Banks, A., Freudenberger, C., y Zhou, B. H. (2003). Flexion-relaxation response to static lumbar flexion in males and females. *Clinical Biomechanics*, 18(4), 273-279.
- Sparrey, C. J., Bailey, J. F., Safaee, M., Clark, A. J., Lafage, V., Schwab, F., ..., y Ames, C. P. (2014). Etiology of lumbar lordosis and its pathophysiology: a review of the evolution of lumbar lordosis, and the mechanics and biology of lumbar degeneration. *Neurosurgical Focus*, 36(5), 1-16.
- Stagnara, P. (1987). *Deformaciones del raquis*. Barcelona: Masson.
- Stagnara, P., De Mauroy, J. C., Dran, G., Gonon, G. P., Costanzo, G., Dimnet, J., y Pasquet, A. (1982). Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine*, 7(4), 335-342.
- Santonja, F. (1996). Las desviaciones sagitales del raquis y su relación con la práctica deportiva. En *Cirugía menor y procedimientos en medicina de familia* (pp. 252-268). Madrid: Jarpyo.
- Santonja, F., y Pastor, A. (2000). Cifosis y lordosis. En *Cirugía menor y procedimientos en medicina de familia* (pp. 1049-1061). Madrid: Jarpyo.

- Uetake, T., Ohtsuki, F., Tanaka, H., y Shindo, M. (1998). The vertebral curvature of sportsmen. *Journal of Sports Sciences*, 16(7), 621-628.
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N., y Poza, J. J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *Spine*, 22(17), 1965-1969.
- Vaquero-Cristóbal, R., Esparza-Ros, F., Gómez-Durán, R., Martínez-Ruiz, E., Muyor, J. M., Alacid, F., y López-Miñarro, P. A. (2015). Morfología de las curvaturas torácica y lumbar en bipedestación, sedentación y máxima flexión del tronco con rodillas extendidas en bailarinas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(2), 87-93.
- Vaquero-Cristóbal, R., Muyor, J. M., Alacid, F., y López-Miñarro, P. A. (2012). Valoración del morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol. *IV Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Educación Física. (VIII Seminario Nacional de Nutrición, Medicina y Rendimiento Deportivo)*.
- Widhe, T. (2001). Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal*, 10(2), 118-123.
- Wilke, H. J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T., y Claes, L. E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24(8), 755-762.
- Wodecki, P., Guigui, P., Hanotel, M. C., Cardinne, L., y Deburge, A. (2002). Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur*, 88(4), 328-336.
- Wojtys, E. M., Ashton-Miller, J. A., Huston, L. J., y Moga, P. J. (2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.

Yang, J. H., Barani, R., Bhandarkar, A. W., Suh, S. W., Hong, J. Y., y Modi, H. N. (2014).

Changes in the spinopelvic parameters of elite weight lifters. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 24(4), 343-350.

Zaina, F., Donzelli, S., Lusini, M., Minnella, S., y Negrini, S. (2014). Swimming and Spinal

deformities: a cross-sectional study. *The Journal of pediatrics*, 166(1), 163-167.

Anexos

La tabla siguiente nos muestra la tabla 2 de resultados.

Tabla 2

Resultados de Alteraciones Sagitales

Deporte/s	Autor/es y año	Participantes	Instrumento de valoración	Conclusión
Baile	<u>Nilsson, Wykman</u> , Leanderson (1993)	59 (23 grupo experimental y 36 grupo control)	Cifómetro Debrunner y inclinómetro	En BP se muestran niveles inferiores de lordosis lumbar y una cifosis menos prominente en relación al grupo control
Baile	Gómez-Lozano, Vargas-Macías, Santonja y Canteras (2013)	66 (33 Grupo experimental y 33 grupo control)	Inclinómetro	En BP, se tiene a una rectificación de la curva dorsal y en la curva lumbar se encuentran valores normales en comparación con el grupo control que muestra más valores de HL
Baile	Vaquero y cols (2015)	76	Spinal Mouse	En BP se muestra un alto porcentaje de morfotipos torácicos normal o rectificado y altos porcentajes de lordosis normal. En SD se encuentran altos porcentajes de cifosis y lordosis normal, habiendo pocos casos de hipercifosis e hiperlordosis. En FMT, la mayoría tuvieron curvas lumbares cifóticas
Ciclismo	Usabiaga y cols. (1997)	3	Radiografía	Se produce un cambio en la curva lumbar en BP y una inversión de la curva lumbar en la bicicleta

Ciclismo	Muyor, Alacid y Lopez-Miñarro (2011a)	50	Spinal Mouse	En BP un 68% presentan HC torácica y valores normales en lordosis. Sobre la bicicleta, reducción de la cifosis y una inversión lumbar
Ciclismo	Muyor, López-Miñarro, y Alacid (2011)	105 (50 Grupo experimental y 55 grupo control)	Spinal Mouse	En BP, no se producen adaptaciones en el raquis lumbar y sobre la bicicleta se produce una mayor flexión lumbar en relación al grupo control
Ciclismo	Muyor, Alacid, López-Miñarro y Casimiro (2012)	65	Spinal Mouse	En BP, hay un aumento de la cifosis dorsal, que se va agravando conforme mas avanza la edad y una disminución de la lordosis lumbar que es menor conforme avanza la edad
Ciclismo	Muyor, López-Miñarro, y Alacid (2012)	128 (60 grupo experimental y 68 grupo control)	Spinal Mouse	En FMT, mostraron mayor flexión lumbar y en BP, no hubo modificaciones en la columna lumbar y en SD no hubo modificaciones en la columna lumbar
Ciclismo	Muyor, Lopez-Miñarro y Alacid (2014)	90	Spinal Mouse	En BP se produce una HC en la curva lumbar y una lordosis normal y sobre la bicicleta se reduce la cifosis torácica y se produce una inversión en la curva lumbar

Ciclismo	Muyor y Zabala (2015)	60 ciclistas (30 de carretera y 30 de montaña) y 30 grupo control	Spinal Mouse	En BP los ciclistas de carretera mostraron mayor porcentaje de cifosis torácica. En la bicicleta hay una mayor flexión lumbar e inclinación del tronco que en los ciclistas de montaña
Escalada	Förster, Penka, Bösl y Schöffl (2008)	46 escaladores de rendimiento (grupo experimental) y 34 escaladores de recreo (grupo control)	Spinal Mouse	Se produce un aumento significativo tanto en la HC como en la HL al comparar al grupo control con el grupo experimental
Esquí de fondo	Alricsson y Werner (2006)	15	kyphometer de Debrunner	Se produce un aumento de la cifosis dorsal y de la lordosis lumbar
Futbol	Wodecki, Guigui, Hanotel, Cardinne y Deburge (2002)	78 (31 grupo experimental y 47 grupo control)	Radiografía	En BP, se produce un menor grado de cifosis torácica y una mayor lordosis lumbar en comparación al grupo control

Futbol	Grabara (2012)	151 (73 grupo experimental y 78 grupo control)	Técnica de Moiré	En BP no se encontraron diferencias en la curva dorsal y en la curva lumbar estaba más aplanada respecto al grupo control
Gimnasia	Kums, Ereline, Gapeyeva, Pääsuke y Vain (2007)	80 (32 grupo experimental y 48 grupo control)	Pantografía	En BP los ángulos de cifosis dorsal y lordosis lumbar fueron menores en comparación con el grupo control
Gimnasia	Grabara (2010)	106 jóvenes (48 grupo experimental y 56 grupo control)	Fotogrametría	Por lo general las chicas que practicaban gimnasia tenían una mejor alineación de la columna vertebral, encontrándose menor lordosis lumbar en niñas que practicaban el deporte
Gimnastas especialistas en trampolín	Sainz de Baranda, Santonja y Rodríguez-Iniesta (2009)	69 (35 mujeres y 34 varones)	Inclinómetro	En BP valores de HC en la curva dorsal y una lordosis normal. En FMT valores normales en la curva dorsal y en la lumbar. En SD se dan valores de HC tanto en la curva dorsal como en la lumbar
Halterofilia	Yang, Barani, Bhandarkar, Suh, Hong y Modi (2014)	21 grupo experimental y 45 grupo control	Radiografías	Se produce un aumento de la lordosis lumbar y una disminución de la inclinación de la pelvis en el grupo experimental

Kayak y Canoa	López-Miñarro, Alacid, Ferragut y García-Ibarra (2008)	43 (23 kayakistas y 20 canoístas)	Inclinómetro	Alto porcentaje de morfotipos cifóticos en la curva lumbar y no existe diferencia entre kayak y canoa
piragüistas	López-Miñarro y Alacid (2010)	140	Inclinómetro	En BP, un 63% presenta valores normales en la curva dorsal y un 68,5% presenta valores normales de lordosis. En FMT, el 91,2% presenta valores de HC leve en la curva dorsal y un 83,9% en la curva lumbar
Kayakistas y Piragüistas	López-Miñarro, Alacid y Rodríguez-García (2010)	109 (45 Kayakistas y 20 Piragüistas grupo experimental y 44 grupo control)	Inclinómetro	En BP, no se modifica la curvatura dorsal y encontraron menor ángulo en la curva lumbar en comparación con el grupo control. En FMT se encuentran mayores ángulos tanto en la curva lumbar como en la dorsal
Kayakistas de elite	López-Miñarro, Muyor y Alacid (2010)	40	Spinal Mouse	En BP, hay una gran proporción de HC torácica, mientras que la curva lumbar se encuentra neutra y sentados en el kayak en la fase de captura se produce una menor cifosis dorsal y la curva lumbar adopta una postura cifótica

piragüistas	López-Miñarro, Muyor y Alacid (2011)	44	Spinal Mouse	En BP, se produce una HC en la curva dorsal y la curva lumbar se queda neutra y en la canoa se produce una flexión lumbar
Piragüistas de elite en modalidad de Kayak	Muyor, Alacid y Lopez-Miñarro (2011b)	66 (33 varones y 30 mujeres)	Spinal Mouse	En BP, se produce un 42,1% en varones y un 21,4% en mujeres de casos HC, mientras que en la curva lumbar predominan ángulos normales de lordosis
Kayakistas	López-Miñarro, Muyor, Alacid, Isorna y Vaquero-Cristóbal (2014)	130 (62 varones y 68 mujeres)	Spinal Mouse	La cifosis torácica fue menor en piragua que en BP y SD. El raquis lumbar se dispuso en inversión en FMT y SD. Comparando los dos grupos, las mujeres tienen una postura más alineada que los varones en el kayak
Lucha	Rajabi, Doherty, Goodarzi y Hemayattalab (2008)	60 luchadores (30 estilo libre y 30 estilo grecorromano) y 30 participantes grupo control	Electrogoniómetro modificado	Se encontró una mayor actitud cifótica en los luchadores de estilo libre y una menor actitud en los de estilo grecorromano

Musculación	López-Miñarro, Rodríguez, Santonja, Yuste y García (2007)	772	Inclinómetro	En BP un 53% presentaba una HC leve y un 3,6% una HC moderada. Respecto a la curva lumbar un 3,8% una rectificación y un 12,3% una HL
Natación	Zaina, Donzelli, Lusini, Minnella y Negrini (2014)	112 nadadores (62 mujeres y 50 hombres) y 217 grupo control (111 hombres y 106 mujeres)	Plomada	Se encontró un aumento en el grupo de nadadores en la HC y en la HL
Pilates	Emery, De Serres, McMillan y Côté (2010)	19 (9 grupo control y 10 grupo experimental)	Cámara de alta velocidad	Después de un periodo de 12 semanas de entrenamiento los sujetos mostraron menor cifosis torácica que la encontrada al principio
Remeros	Caldwell, McNair y Williams (2003)	16	Análisis de movimientos de marcadores	Se produce un aumento de la flexión lumbar en la postura de remar

Rugby	Rajabi, Mobarakabadi, Alizadhen y Hendrick (2012)	74 mujeres (37 grupo experimental y 37 grupo control)	Regla flexible.	Se produce un aumento significativo en el grado de curvatura cifótica en las chicas jugadoras de hockey en comparación con las no jugadoras
Tenis de mesa	Barczyk-Pawelec, Bańkosz y Derlich (2012)	83	Técnica de Moiré	Se produce una actitud cifótica
Tenis	Muyor, Sánchez-Sánchez, Sanz-Rivas y López-Miñarro (2013)	40 (24 varones y 16 mujeres)	Spinal Mouse	En BP, se encontraron solo un 37,5% en varones y un 6,2% en mujeres de casos HC y un 16,7% y un 6,2% en mujeres de casos HL
Voleibol	Grabara y Hadzik (2009)	85	Posturografia en ordenador	Se produce una actitud cifótica en BP
Voleibol	Grabara (2015)	218 (104 grupo experimental y 114 grupo control)	Técnica Moiré	En BP se produce una disminución de la lordosis lumbar y ninguna diferencia en la curva dorsal en comparación al grupo control

Atletismo y halterofilia.	Aggrawal, Ravinder, Kumar y Mathur (1979)	50 (25 levantadores de pesas y 25 atletas)	Radiografía	El 84% de halterófilos y el 72% de atletas, sufrieron diferentes tipos de anomalías en la columna vertebral y en ambos grupos solo en un 12% se produjo una reducción de la lordosis lumbar
Fútbol, gimnasia, hockey sobre hielo, atletismo, natación y voleibol	Wojtys, Ashton-Miller, Huston y Moga (2000)	2270 niños.	óptica rasterstereographic	Se observa un incremento de la cifosis torácica en función de las horas de entrenamiento y un aumento de la lordosis lumbar al superar las 400 horas/año
Piragüismo y atletismo	López-Miñarro, Alacid y Muyor (2009)	60 (30 piragüistas y 30 corredores)	Inclinómetro	En BP, se producen valores mayores de cifosis dorsal en los piragüistas, mientras que en la curva lumbar no hay diferencias significativas. En FMT los piragüistas presentan mayores valores en ambas curvas

Nota. BP = Bipedestación. HC= Hiper cifosis. HL= Hiperlordosis. FMT= Flexión máxima de tronco. SD= Sedentación