

Valoración del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en ciclistas de categoría élite y máster 30

Assessment of the Thoracic Spine, Lumbar Spine and Pelvic Tilt in Elite and Master 30 Class Cyclists

JOSÉ MARÍA MUYOR RODRÍGUEZ

Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad de Almería (España)

PEDRO ÁNGEL LÓPEZ-MIÑARRO

Facultad de Educación
Universidad de Murcia (España)

FERNANDO ALACID CÁRCELES

Facultad de Ciencias del Deporte
Universidad de Murcia (España)

Correspondencia con autor

José María Muyor Rodríguez
josemuyor@ual.es

Resumen

El objetivo principal del estudio fue evaluar la disposición sagital del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en bipedestación y sobre la bicicleta, en ciclistas de las categorías élite y máster 30. Un total de 45 ciclistas élite (media de edad: $22,71 \pm 3,23$ años) y 45 ciclistas máster 30 (media de edad: $34,40 \pm 2,87$ años) fueron evaluados con el sistema Spinal Mouse en bipedestación y sobre la bicicleta en los diferentes agarres del manillar: transversal, de manetas y bajo. En bipedestación, los valores angulares medios para el raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica fueron de $47,96 \pm 7,23^\circ$; $-27,62 \pm 6,97^\circ$ y $14,29 \pm 5,49^\circ$; y de $47,82 \pm 9,32^\circ$, $-26,58^\circ \pm 5,97^\circ$ y $12,07 \pm 4,77^\circ$, para los ciclistas élite y máster 30, respectivamente. En ambas categorías, se observó una elevada frecuencia de casos con hipercifosis torácica en bipedestación (57,80 % en élite y 53,40 % en máster 30). Sobre la bicicleta, los ciclistas élite y máster 30 mostraron una reducción significativa de la cifosis torácica con respecto a la bipedestación. En cuanto al raquis lumbar se dispuso en una postura de inversión. En conclusión, la frecuente hipercifosis torácica en bipedestación, en ambas categorías de ciclistas, podría estar más relacionada con otros factores que con la postura adoptada sobre la bicicleta.

Palabras clave: postura, cifosis, lordosis, columna vertebral, ciclismo

Abstract

Assessment of the Thoracic Spine, Lumbar Spine and Pelvic Tilt in Elite and Master 30 Class Cyclists

The primary purpose of this study is to evaluate the sagittal plane of the thoracic spine and lumbar spine and pelvic tilt when standing and on a bicycle of elite and Master 30 class cyclists. A total of 45 elite cyclists (mean age: 22.71 ± 3.23 years) and 45 Masters 30 cyclists (mean age: 34.40 ± 2.87 years) were evaluated using the Spinal Mouse system when standing and on a bicycle in three handlebar grips (high, medium and low). When standing, the mean angle values for the thoracic spine, lumbar spine and pelvic tilt were $47.96 \pm 7.23^\circ$, $-27.62 \pm 6.97^\circ$ and $14.29 \pm 5.49^\circ$ for the elite cyclists and $47.82 \pm 9.32^\circ$, $-26.58 \pm 5.97^\circ$ and $12.07 \pm 4.77^\circ$ for the Master 30 cyclists. In both modes a high frequency of thoracic kyphosis cases when standing was observed (57.80% in elite and 53.40% in Masters 30 cyclists). When on a bicycle, the elite and Masters 30 cyclists presented a significant reduction in thoracic kyphosis with respect to standing. The lumbar spine had an inverted posture. By way of conclusion, the frequent thoracic kyphosis when standing in both categories of cyclists may be more related to other factors than the position adopted on a bicycle.

Keywords: posture, kyphosis, lordosis, spinal column, cycling

Introducción

La práctica deportiva sistemática, de alta intensidad, podría generar adaptaciones raquídeas específicas en función de las posiciones adoptadas durante los entrenamientos. Diferentes estudios han analizado la influencia de determinados deportes en la disposición sagital del raquis, encontrando una relación entre la postura predominante en los entrenamientos y las adaptaciones en las curvaturas raquídeas (Alricsson &

Werner, 2006; Grabara & Hadzik, 2009; Kums, Erelíne, Gapeyeva, Pääsuke, & Vain, 2007; López-Miñarro & Alacid, 2010; López-Miñarro, Alacid, & Muyor, 2009; López-Miñarro, Alacid, & Rodríguez-García, 2010; López-Miñarro, Muyor, & Alacid, 2010; López-Miñarro, Rodríguez-García, Santonja, & Yuste, 2008; Nilsson, Wykman, & Leanderson, 1993; Rajabi, Doherty, Goodarzi, & Hemayattalab, 2008; Stutchfield & Coleman, 2006).

En deportes con un predominio de posturas en flexión del tronco se ha observado una tendencia al aumento de la cifosis torácica en bipedestación (Alricsson & Werner, 2006; Grabara & Hadzik, 2009; López-Miñarro & Alacid, 2010; López-Miñarro et al., 2008, 2009, 2010; Rajabi et al., 2008; Stutchfield & Coleman, 2006).

Las posturas de flexión intervertebral se han relacionado con un aumento del estrés vertebral (Beach, Parkinson, Stothart, & Callaghan, 2005), presión intradiscal en el raquis torácico (Polga et al., 2004) y lumbar (Nachemson, 1976; Sato, Kikuchi, & Yonezawa, 1999; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland, & Claes, 1999), así como con una mayor deformación en los tejidos viscoelásticos del raquis lumbar (Solomonow, Zhou, Baratta, & Burger, 2003), pudiendo generar adaptaciones en la configuración sagital de las curvas raquídeas (Iwamoto, Abe, Tsukimura, & Wakano, 2004; Öztürk et al., 2008). Por el contrario, posturas más alineadas del raquis torácico y lumbar se han asociado a una disminución del estrés vertebral (Polga et al., 2004; Sato et al., 1999; Wilke et al., 1999) y de las algias raquídeas (Smith, O'Sullivan, & Straker, 2008).

No obstante, pocos estudios han analizado diferentes categorías deportivas en un mismo deporte. Además, la mayoría de los estudios se han centrado en evaluar las curvas raquídeas en las posiciones de bipedestación, sedentación y/o flexión del tronco, pero no en las posturas adoptadas en los gestos deportivos específicos. Así también, la mayor parte de los estudios no han analizado la postura de la pelvis, teniendo en cuenta que su posición influye, de forma directa, en la curva lumbar (Levine & Whittle, 1996).

En los últimos años, el ciclismo ha experimentado un auge en su práctica, tanto en las categorías profesionales

como en el ámbito recreativo. Este deporte se caracteriza por una posición en sedentación con flexión del tronco para apoyar las manos sobre el manillar de la bicicleta, que coloca al raquis lumbar en una posición invertida (Usabiaga et al., 1997). Según Balius (1970, 1983) el ciclismo es un deporte contraindicado, ya que su práctica comporta una inevitable posición en hipercifosis torácica, que puede desencadenar modificaciones raquídeas cuando su práctica es intensa y continuada. Por este motivo, el ciclismo ha sido clasificado como un deporte vertebralmente negativo en potencia (Balius, Balius, & Balius, 1987).

Entre los diferentes estudios que han analizado diversos deportes con una mayor o menor implicación de la columna vertebral, algunos han evaluado la disposición sagital del raquis en ciclismo. Rajabi, Freemont, y Doherty (2000) encontraron una significativa mayor cifosis torácica en bipedestación en un grupo de ciclistas de élite con respecto a un grupo de sujetos sedentarios, aunque no analizaron la disposición sagital del raquis torácico sobre la propia bicicleta. Usabiaga et al. (1999) mostraron que el raquis lumbar modificaba su posición de lordosis en bipedestación a una inversión cuando el ciclista se sentaba sobre la bicicleta. Respecto a la posición pélvica, McEvoy, Wilkie y Williams (2007) encontraron que los ciclistas presentaban una mayor inclinación pélvica en comparación con sujetos sedentarios, en una posición de sedentación con rodillas extendidas. Estos estudios han realizado un análisis de manera segmentada, sin realizar una evaluación completa del raquis (columna torácica, lumbar e inclinación pélvica).

Por todo ello, los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Evaluar las curvas sagitales del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en bipedestación y sobre la bicicleta, en ciclistas de las categorías élite y máster 30; 2) Comparar la postura del raquis e inclinación pélvica, en ambas categorías, entre la postura de bipedestación y en la bicicleta, según el tipo de agarre del manillar utilizado; y 3) Determinar la frecuencia de hipercifosis torácica e hipolordosis lumbar en bipedestación, en ciclistas de las categorías élite y máster 30.

Material y método

Muestra

Un total de 90 ciclistas (45 ciclistas de la categoría élite y 45 ciclistas de la categoría máster 30), participaron voluntariamente en el estudio. Las características de la muestra se presentan en la *tabla 1*.

	Ciclistas élite (n = 45)	Ciclistas máster 30 (n = 45)
Edad (años)	22,71 ± 3,23	34,40 ± 2,87***
Talla (m)	1,76 ± 0,05	1,75 ± 0,59
Masa (kg)	70,88 ± 10,47	77,28 ± 8,47**
IMC (kg · m ⁻²)	22,61 ± 2,91	25,08 ± 2,50***
Entrenamiento (años)	7,40 ± 4,29	7,44 ± 7,50
Entrenamiento (días/semana)	5,76 ± 1,44	3,11 ± 1,35***
Entrenamiento (horas/día)	2,27 ± 0,68	2,87 ± 1,01*
IMC: Índice de Masa Corporal; *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001 con respecto a los ciclistas de élite.		

Tabla 1

Datos descriptivos de la muestra

Los criterios de inclusión de los ciclistas fueron: 1) tener un volumen de entrenamiento sobre la bicicleta de 2 a 5 horas por sesión; 2) tener una frecuencia de entrenamiento a la semana de 2 a 6 días; y 3) tener una experiencia mínima de entrenamiento de 4 años, y estar activamente compitiendo en sus respectivas categorías tanto en competiciones nacionales como internacionales. Los criterios de exclusión fueron: 1) haber padecido algún episodio de dolor raquídeo en los 3 meses previos a la participación en el estudio; 2) haber sido operado de la columna vertebral; o 3) tener alguna patología raquídea diagnosticada. Todos los sujetos fueron instruidos a no participar en actividades físicas o entrenamientos intensos 24 horas antes a las mediciones.

Procedimiento

El estudio fue aprobado por la Comisión de Bioética de la Universidad de Almería. Previamente a las mediciones, todos los sujetos fueron informados sobre el procedimiento y firmaron, voluntariamente, un consentimiento informado.

Para la valoración de la disposición angular de la curva torácica, lumbar e inclinación pélvica en bipedestación y sobre la bicicleta en los diferentes agarres del manillar (transversal, de manetas y bajo), se utilizó el sistema Spinal Mouse® (Idiag, Fehrltdorf, Switzerland). Diferentes trabajos han mostrado que el Spinal Mouse® es un sistema válido y fiable para la valoración de las curvaturas raquídeas e inclinación pélvica al compararlo con técnicas radiográficas (Guermazi et al., 2006; Mannion, Knecht, Balaban, Dvorak, & Grob, 2004; Post & Leferink, 2004).

Cada sujeto fue valorado, en ropa interior, descalzo y por el mismo examinador en una misma sesión. La vestimenta utilizada en la valoración sobre la bicicleta fue: un culote sin tirantes y las propias zapatillas automáticas de los ciclistas. La temperatura fue estandarizada a 24 °C. Las mediciones se realizaron de manera aleatoria y hubo 5 minutos de descanso entre cada una de ellas.

Previamente a las mediciones, el investigador principal identificó mediante palpación y marcó, con un lápiz dérmico, la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical (C7), así como la tercera vértebra sacra (S3).

Para medir las curvas raquídeas e inclinación pélvica, una vez que el sujeto se colocaba en la posición a medir, se guiaba el Spinal Mouse® a lo largo de las apófisis espinosas del raquis, desde C7 hasta S3. El sistema digitalizaba el contorno de la piel sobre el raquis en el plano

sagital, aportando información sobre la angulación global de las curvas raquídeas e inclinación pélvica (diferencia entre el ángulo sacro y el plano vertical). Con respecto a la curva lumbar, los valores negativos indicaron angulaciones de concavidad posterior (lordosis), mientras que los valores positivos correspondieron a una curvatura de convexidad posterior (inversión lumbar). En cuanto a la posición pélvica, el valor 0° representó una posición vertical. Valores positivos representaron una posición de anteversión pélvica, mientras que valores negativos indicaron una posición de retroversión pélvica.

Bipedestación

Los sujetos se situaban de pie, con los hombros relajados, mirada al frente, los brazos a lo largo del tronco y con una apertura de los pies igual a la anchura de sus caderas (*fig. 1a*). Para categorizar los valores angulares de la curva torácica en base a unas referencias de normalidad, se utilizaron los valores descritos por Santonja (1993): rectificación torácica (< 20°), cifosis torácica normal (20°-45°), hipercifosis torácica leve (46°-60°) e hipercifosis torácica moderada (61°-80°). Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar, se utilizaron los valores de referencia descritos por Pastor (2000): valores entre 20°-40° fueron considerados como lordosis normal, mientras que valores inferiores a 20° se consideraron como rectificación lumbar y los valores superiores a 40° fueron considerados como hiperlordosis.

Sedentación sobre la bicicleta

Cada ciclista utilizó su propia bicicleta. Los sujetos debían sentarse en el sillín y pedalear durante 5 minutos, a una cadencia de 90 pedaladas por minuto (marcadas con un cadenciómetro). Se midieron las curvas torácica y lumbar, así como la inclinación pélvica (*fig. 1b*)

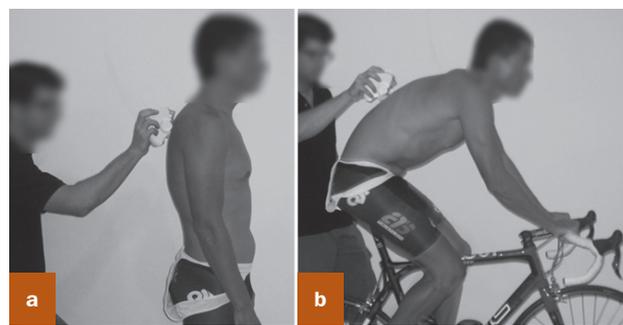


Figura 1
Valoración del raquis con Spinal Mouse® en bipedestación (a) y sobre la bicicleta (b)

Figura 2

Posiciones en el manillar: agarre transversal (a), agarre de manetas (b), y agarre bajo (c)



en tres posiciones, en función del tipo de agarre en el manillar: agarre transversal, agarre de manetas y agarre bajo (fig. 2). Las mediciones se realizaron en un orden aleatorio. Entre cada posición hubo un descanso de 30 segundos.

Análisis estadístico

Los valores medios y desviaciones típicas fueron calculados para todas las variables. La hipótesis de normalidad fue analizada mediante el test Kolmogorov-Smirnov. Un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (grupo y postura) con medidas repetidas para el segundo factor fue usado para comparar la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en las diferentes posiciones evaluadas. La significación de las medidas repetidas multivariadas fue confirmada por los test de Wilk's lambda, Pillai trace, Hotelling trace y Roy, obteniendo resultados similares. Si se obtenía un *p*-valor significativo para el efecto principal del ANOVA, se procedió a realizar una comparación por pares (*post hoc*) usando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples, ajustando el criterio de significación a un valor de 0,0125 (0,05/4). Los datos fueron analizados usando el *software* SPSS, versión 15,0, y el nivel de significación, *a priori*, fue de $p < 0,05$.

Resultados

Los valores medios y desviaciones típicas del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en las posturas evaluadas son presentados en la *tabla 2*. En bipedestación, no se observaron diferencias significativas en los valores angulares para la cifosis torácica y lordosis lumbar entre ambas categorías. Los ciclistas élite presentaron una mayor inclinación pélvica que los ciclistas máster 30 ($p < 0,05$).

Los ciclistas de categoría élite mostraron una menor cifosis torácica en los tres agarres del manillar en comparación con los máster 30, aunque solo fue significativa en el agarre alto ($p < 0,05$). En cuanto al raquis lumbar, se observó en ambas categorías una postura de inversión lumbar sobre la bicicleta en los tres agarres del manillar. Los ciclistas élite mostraron una mayor flexión lumbar que los ciclistas máster 30 en los tres agarres analizados, siendo significativa en el agarre bajo. En todas las posiciones evaluadas, los ciclistas élite presentaron una mayor inclinación pélvica que el grupo máster 30 ($p < 0,05$) (*tabla 2*).

El ANOVA de medidas repetidas reveló diferencias significativas para el efecto principal en el raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica ($p < 0,05$), en ambas categorías. El análisis *post hoc* con ajuste de Bonferroni

Tabla 2
Valores medios del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en las cuatro posturas evaluadas en los ciclistas de categoría élite y máster 30

		Élite	Máster 30
Bipedestación	Raquis torácico	47,96 ± 7,23°	47,82 ± 9,32°
	Raquis lumbar	-27,62 ± 6,97°	-26,58 ± 5,97°
	Inclinación pélvica	14,29 ± 5,49°	12,07 ± 4,77°*
Agarre transversal	Raquis torácico	34,44 ± 10,82°	40,20 ± 9,09°**
	Raquis lumbar	26,64 ± 7,52°	21,80 ± 6,56°**
	Inclinación pélvica	23,33 ± 5,48°	21,76 ± 6,30°
Agarre de manetas	Raquis torácico	35,09 ± 10,68°	37,73 ± 11,43°
	Raquis lumbar	27,51 ± 7,31°	22,76 ± 6,67°**
	Inclinación pélvica	27,62 ± 5,84°	26,93 ± 6,53°
Agarre bajo	Raquis torácico	37,09 ± 9,86°	40,76 ± 10,91°
	Raquis lumbar	30,00 ± 7,37°	23,27 ± 6,14°
	Inclinación pélvica	35,00 ± 5,72°	34,11 ± 6,33°

* $p < 0,05$ con respecto a los ciclistas élite; ** $p < 0,01$ con respecto a los ciclistas élite.

			Agarre transversal	Agarre de manetas	Agarre bajo
Ciclistas élite	Raquis torácico	Bipedestación	(13,51°)*	(12,86°)*	(10,86°)*
		Agarre transversal	–	(0,64°) NS	(2,64°) NS
		Agarre de manetas	–	–	(2,00°) NS
	Raquis lumbar	Bipedestación	(54,26°)*	(55,13°)*	(57,62°)*
		Agarre transversal	–	(0,86°) NS	(3,35°)*
		Agarre de manetas	–	–	(2,48°)*
	Inclinación pélvica	Bipedestación	(9,04°)*	(13,33°)*	(20,71°)*
		Agarre transversal	–	(4,28°)*	(11,66°)*
		Agarre de manetas	–	–	(7,37°)*
Ciclistas máster 30	Raquis torácico	Bipedestación	(7,62°)*	(10,08°)*	(7,06°)*
		Agarre transversal	–	(2,46°)*	(0,55°) NS
		Agarre de manetas	–	–	(3,02°)*
	Raquis lumbar	Bipedestación	(48,37°)*	(49,33°)*	(49,84°)*
		Agarre transversal	–	(0,95°) NS	(1,46°) NS
		Agarre de manetas	–	–	(0,51°) NS
	Inclinación pélvica	Bipedestación	(9,68°)*	(14,86°)*	(22,04°)*
		Agarre transversal	–	(5,17°)*	(12,35°)*
		Agarre de manetas	–	–	(7,17°)*

* $p < 0,0125$; NS: no significativo.

Tabla 3

Comparación por pares (valor de diferencia) entre las posiciones para el raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en las categorías de ciclistas élite y máster 30

mostró, en ambas categorías, una significativa y mayor cifosis torácica en bipedestación que la adoptada sobre la bicicleta en los tres agarres del manillar analizados ($p < 0,0125$). El raquis lumbar se dispuso en una significativa mayor flexión intervertebral en el agarre bajo del manillar, en comparación con el agarre medio y agarre alto. La flexión pélvica fue significativamente mayor sobre la bicicleta en el agarre bajo del manillar, en comparación con el resto de posturas evaluadas (tabla 3).

Los porcentajes de casos en cada una de las categorías para el raquis torácico y lumbar en la postura de bipedestación se presentan en la figura 3. Los ciclistas élite mostraron el mayor porcentaje de casos con hiper-cifosis torácica y lordosis en valores normales. Sin embargo, los máster 30 evidenciaron un mayor porcentaje de casos de rectificación lumbar.

Discusión

La posición en sedentación prolongada sobre la bicicleta, durante años de entrenamiento, podría generar algún tipo de adaptación en las curvas raquídeas. Por

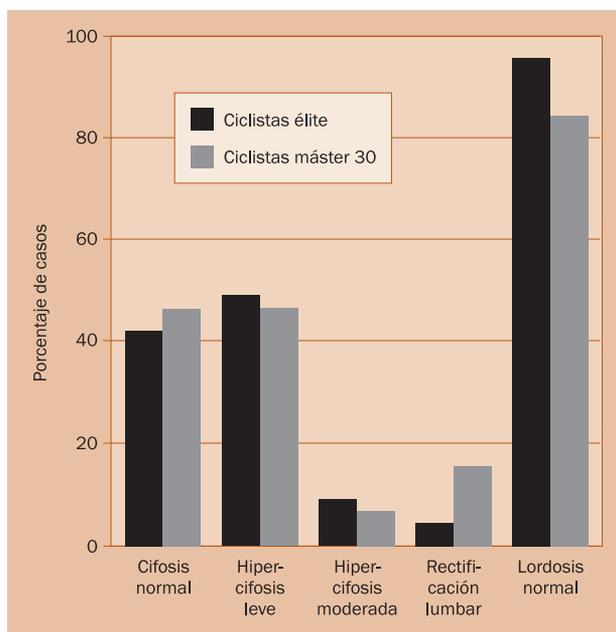


Figura 3

Porcentaje de sujetos en función de cada categoría para el raquis torácico y lumbar en bipedestación

este motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las curvas sagitales del raquis e inclinación pélvica, en bipedestación y sobre la bicicleta, en ciclistas de las categorías élite y máster 30. Uno de los principales hallazgos del presente estudio fue la alta frecuencia de ciclistas con una hipercifosis torácica en bipedestación (57,80 % en élite y 53,40 % en máster 30), mientras que respecto a la curva lumbar, la mayoría de los ciclistas tenían valores considerados normales. Diversos estudios han observado una tendencia al aumento de la cifosis torácica en bipedestación en deportes donde predominan gestos técnicos específicos en flexión mantenida o cíclica del tronco, como en lucha, piragüismo, voleibol y esquí (Alricsson & Werner, 2006; Grabara & Hadzik, 2009; López-Miñarro & Alacid, 2010; López-Miñarro, Alacid, & Rodríguez García, 2010; López-Miñarro, Muyor, & Alacid, 2010; Rajabi et al., 2008). En ciclistas de élite, Rajabi et al. (2000) observaron una cifosis torácica significativamente mayor con respecto a un grupo control de sujetos que no practicaban deporte y justificaron sus resultados debido al elevado tiempo que pasan los ciclistas en flexión del tronco sobre la bicicleta, generándose adaptaciones raquídeas específicas. Sin embargo, en estos trabajos no se analizó la posición adoptada sobre sus bicicletas.

Wojtys, Ashton-Miller, Huston y Moga (2000), tras evaluar a 2.270 niños con edades comprendidas entre los 8 y 18 años, de diferentes modalidades deportivas (fútbol, gimnasia, hockey sobre hielo, atletismo, natación y voleibol), encontraron un incremento de la cifosis torácica proporcional a las horas de entrenamiento al año. En cambio, la lordosis lumbar parecía no modificarse hasta que no se excedían las 400 horas/año. Alricsson y Werner (2006), observaron un incremento de la cifosis torácica en esquiadores adolescentes tras 5 años de entrenamiento intenso. En el presente trabajo, no se han encontrado diferencias significativas entre los ciclistas de la categoría élite y máster 30, posiblemente debido a la similitud de los años de práctica (aproximadamente 7 años). No obstante, los ciclistas élite entrenan más días a la semana en la bicicleta, aunque su mayor volumen total de trabajo no genera una significativa mayor cifosis torácica que en los ciclistas de la categoría máster 30.

El aumento de la cifosis torácica en deportistas cuyo entrenamiento se caracteriza por un predominio de posturas de flexión del tronco, podría deberse a la pérdida en la altura de los discos intervertebrales, los cuales tenderían a la reducción de la longitud anterior de la columna vertebral (Rajabi et al., 2008; Wojtys et al., 2000).

Un incremento de la flexión intervertebral torácica se ha asociado con el aumento de la presión intradiscal y estrés raquídeo, así como con una mayor posibilidad de sufrir lesiones raquídeas (Briggs et al., 2007; Polga et al., 2004; Sato et al., 1999).

El análisis de la posición del raquis en las posturas específicas en las que entrenan los deportistas es de gran importancia, si bien los estudios previos no han analizado la disposición sagital del raquis en tales posturas. En el presente estudio, al analizar las curvas sagitales del raquis sobre la bicicleta, en los tres agarres evaluados, el raquis torácico manifestó una significativa menor cifosis que en bipedestación (diferencias de medias: 13,52°, 12,87°, 10,87°; y 7,62°, 10,09°, 7,06° para los grupos élite y máster 30 en el agarre transversal, de manetas y bajo, respectivamente). Estos datos no sustentan la idea de que el ciclismo comporta una inevitable posición en hipercifosis torácica (Balius, 1970, 1983). La menor cifosis torácica sobre la bicicleta podría estar relacionada con la aducción y retropulsión de la cintura escapular, así como con una extensión intervertebral torácica generada al apoyar las manos sobre el manillar. Por ello, el elevado porcentaje de casos con hipercifosis torácica encontrados en bipedestación, en ambas categorías, podría deberse más a otros aspectos relacionados con hábitos posturales o un inadecuado esquema corporal, más que a la adaptación de las estructuras raquídeas debido a la postura adoptada sobre la bicicleta.

En cuanto a la posición del raquis lumbar sobre la bicicleta, se observó una inversión lumbar en los tres agarres analizados, siendo mayor la flexión lumbar e inclinación pélvica a medida que el agarre sobre el manillar era más distal y bajo con respecto al apoyo sobre el sillín de la bicicleta. Estos datos concuerdan con Usabiaga et al. (1997) que, tras valorar mediante radiografías a tres ciclistas profesionales sobre sus bicicletas, evidenciaron en todos ellos un raquis lumbar en inversión y el sacro en una posición más horizontal que en bipedestación. Lord, Small, Dinsay y Watkins (1997) observaron que la lordosis lumbar se reducía en un 50 % al pasar de la bipedestación a la sedentación. La posición del raquis y pelvis en los ciclistas se ha relacionado con la búsqueda de una mayor aerodinámica. Sobre la bicicleta, el raquis lumbar se flexiona para poder apoyar las manos sobre el manillar que, normalmente, se sitúa más bajo que la altura del sillín. Por este motivo, De Vey Mestdagh (1998) denomina a la posición del ciclista sobre la bicicleta como *antinatural*.

Un alto volumen de entrenamiento con el raquis lumbar en inversión podría generar adaptaciones raquídeas específicas que deriven en una disminución de la lordosis lumbar en bipedestación. Sin embargo, en el presente estudio, un elevado porcentaje de ciclistas de ambas categorías tenían una lordosis lumbar neutral en bipedestación (95,60 % en élite y 84,40 % en máster 30). Recientemente, se han observado resultados similares en jóvenes kayakistas. López-Miñarro, Muyor y Alacid (2010) encontraron que el raquis lumbar de los kayakistas se situaba en inversión en la postura de sedentación en el kayak. Sin embargo, en bipedestación, el 87,5 % de estos deportistas presentaban el raquis lumbar en valores neutrales. Los kayakistas deben realizar la palada alejada de su centro de gravedad para generar una mayor potencia y desplazamiento de la embarcación, lo que favorece la posición de inversión lumbar. No obstante, en coincidencia con López-Miñarro, Muyor et al. (2010), las inversiones lumbares adoptadas durante un tiempo prolongado en deportistas no generan una disminución de la lordosis lumbar. Posiblemente, se deba a que los años de práctica deportiva (7 años en ciclistas élite y máster 30) son insuficientes para generar dicha adaptación. En este sentido, Ogurkowska (2007) observó, en remeros con una experiencia de práctica deportiva de 12 años de media (mínimo: 8 años y máximo: 20 años), cambios en las alturas de los cuerpos vertebrales y discos intervertebrales del raquis lumbar.

Mantener el raquis lumbar en una postura de inversión durante largos periodos de tiempo podría alterar la distribución de carga raquídea (Keller, Colloca, Harrison, Harrison, & Janik, 2005), aumentar la presión intradiscal (Nachemson, 1976; Polga et al., 2004; Sato et al., 1999; Wilke et al., 1999), deformar los tejidos espinales (Caldwell & Peters, 2009; Solomonov et al., 2003) y producir un aumento del dolor raquídeo (Harrison et al., 2005; Smith et al., 2008). Para mantener una curva lumbar más alineada sobre la bicicleta, la pelvis debería estar en una mayor anteversión (De Vey Mestdagh, 1998), aunque podría producir molestias lumbares debido a la elevada activación del músculo *lumbar multifidus* (O'Sullivan et al., 2006). En este sentido, Salai, Brosh, Blankstein, Oran, y Chechik (1999) observaron, en ciclistas con dolor lumbar, que al modificar la inclinación anterior del sillín entre 10° y 15°, se aumentaba la inclinación de la pelvis y el tronco, disminuyendo significativamente el dolor lumbar.

La pelvis es considerada como la base de la columna vertebral y su grado de inclinación afecta a las curvas

sagitales del raquis (Levine y Whittle, 1996). En este sentido, en bipedestación, los ciclistas élite presentaron una significativa mayor inclinación pélvica y lordosis lumbar que los ciclistas máster 30. Al igual que en el presente estudio, Barrey, Jund, Noseda y Roussouly (2007) y Schwab, Lafage, Patel y Farcy (2009) observaron que los sujetos con mayor inclinación pélvica presentaban una mayor lordosis lumbar. Por el contrario, aquellos sujetos con la pelvis en retroversión, mostraban una menor lordosis lumbar. Dichos autores justificaron sus hallazgos, debido a la importante función que desempeña la pelvis en el equilibrio postural, modificando su inclinación para reajustar el centro de gravedad (Barrey, Jund, Noseda, & Roussouly, 2007; Schwab, Lafage, Boyce, Skalli, & Farcy, 2006).

En cuanto a la posición de la pelvis sobre la bicicleta, los ciclistas de ambas categorías deportivas mostraron una significativa mayor inclinación pélvica, en los tres agarres analizados, que en bipedestación. Esta modificación se debe a la necesidad de alcanzar el manillar de la bicicleta. Además, la inclinación pélvica fue mayor cuanto más bajo se situaba el agarre en el manillar con respecto al sillín. Los ciclistas de categoría élite mostraron, sobre la bicicleta y en los tres agarres del manillar, los valores de inclinación pélvica significativamente más elevados. Estos resultados se explican por varios motivos. En primer lugar, los ciclistas usaron sus propias bicicletas con sus ajustes específicos, y el manillar de la bicicleta de los ciclistas de categoría élite estaba más bajo para poder adoptar una posición más aerodinámica. También, la mayor inclinación pélvica de los ciclistas élite podría ser una adaptación a la postura mantenida sobre la bicicleta, ya que su volumen total de entrenamiento era significativamente mayor que los ciclistas máster 30. En este sentido, McEvoy et al. (2007) encontraron en ciclistas élite una significativa mayor inclinación pélvica en sedentación con rodillas extendidas, en comparación con sujetos sedentarios. Estos autores explicaron sus hallazgos debido a la adaptación específica de los ciclistas élite a las posiciones con inclinación del tronco, buscando una disminución de la sección frontal y, por tanto, la mejora de la aerodinámica.

El grado de extensibilidad isquiosural podría haber influido en el incremento de la flexión intervertebral del raquis lumbar e inclinación pélvica en estos deportistas. Una mayor extensibilidad isquiosural ha sido asociada con un aumento de la flexión lumbar e inclinación pélvica (Gajdosik, Albert, & Mitman, 1994; Gajdosik, Hatcher, & Whitsell, 1992; López-Miñarro

& Alacid, 2010). No obstante, en la postura adoptada sobre la bicicleta, la extensibilidad isquiosural no tiene una gran influencia ya que el deportista no alcanza la extensión completa de rodilla, quedando en una flexión en torno a 20° cuando el pedal se sitúa en el punto más bajo de la fase de pedalada (De Vey Mestdagh, 1998). En otros deportes, como en piragüismo se ha mostrado que una extensibilidad isquiosural más elevada se relaciona con una mayor flexión intervertebral lumbar (López-Miñarro & Alacid, 2010), aunque estos hallazgos se obtuvieron mediante la realización de un test de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas y no en el análisis de la postura mantenida sobre la embarcación.

Tradicionalmente, los ciclistas no realizan ejercicios posturales para la columna y pelvis. La inclusión de programas específicos sobre la mejora del esquema corporal, concienciación postural y de fortalecimiento de la musculatura abdominal y lumbar, podrían ser relevantes para prevenir alteraciones de las curvas raquídeas. Por ello, se recomienda la inclusión de dichas actividades en los planes de entrenamiento de los ciclistas para mejorar su posición raquídea y pélvica, sobre la bicicleta y en las actividades de la vida diaria.

En conclusión, en bipedestación relajada, los ciclistas de las categorías élite y máster 30 presentan un elevado porcentaje de casos con hiper cifosis torácica y lordosis lumbar normal. Sobre la bicicleta, en los tres agarres del manillar analizados, los ciclistas de ambas categorías mantienen el raquis torácico en una significativa menor cifosis que en bipedestación. El raquis lumbar se dispone en inversión, acentuándose la flexión intervertebral y la inclinación pélvica cuanto más distal y bajo es el agarre en el manillar con respecto al sillín de la bicicleta.

La participación de Pedro Ángel López-Miñarro en este trabajo es resultado de la ayuda (11664/EE2/09) concedida por la Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia en el marco del II PCTRM 2007-2010.

Referencias

- Alicsson, M., & Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain. A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184. doi:10.1016/j.ptsp.2006.06.003
- Balius, R. (1970). Alteraciones que predisponen a la patología. *Apunts. Medicina de l'Esport* (7), 99-115.
- Balius, R. (1983). Acción de la sobrecarga deportiva sobre el aparato locomotor del niño y del adolescente. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 20(78), 85-96.
- Balius, R., Balius, R., & Balius, X. (1987). Columna vertebral y deporte. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 24(94), 223-229.
- Barrey, C., Jund, J., Nosedá, O., & Roussouly, P. (2007). Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *European Spine Journal*, 16(9), 1459-1467. doi:10.1007/s00586-006-0294-6
- Beach, T., Parkinson, R., Stothart, P., & Callaghan, J. (2005). Effects of prolonged sitting on the passive flexion stiffness of the *in vivo* lumbar spine. *The Spine Journal*, 5(2), 145-154. doi:10.1016/j.spinee.2004.07.036
- Briggs, A., Van Dieën, J., Wrigley, T., Greig, A., Phillips, B., Lo, S., & Bennell, K. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87(5), 595-607. doi:10.2522/ptj.20060119
- Caldwell, B., & Peters, D. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1370-1377. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e82f
- De Vey Mestdagh, K. (1998). Personal perspective: In search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325-334. doi:10.1016/S0003-6870(97)00080-X
- Gajdosik, R., Albert, C., & Mitman, J. (1994). Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(4), 213-219. doi:10.1016/0268-0033(92)90006-P
- Gajdosik, R., Hatcher, C., & Whitsell, S. (1992). Influence of short hamstring muscles on the pelvis and lumbar spine in standing and during the toe-touch test. *Clinical Biomechanics*, 7(1), 38-42.
- Grabara, M., & Hadzik, A. (2009). Postural variables in girls practicing volleyball. *Biomedical Human Kinetics*, 1, 67-71. doi: 10.2478/v10101-009-0017-7
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kesksomtini, W., ... 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
- 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:10.1007/s00586-004-0734-0
- Iwamoto, J., Abe, H., Tsukimura, Y., & Wakano, K. (2004). Relationship between radiographic abnormalities of lumbar spine and incidence of low back pain in high school and college football players. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(3), 781-786. doi:10.1177/0363546503261721
- Keller, T. S., Colloca, C. J., Harrison, D. E., Harrison, D. D., & Janik, T. J. (2005). Influence of spine morphology on intervertebral disc load and stresses in asymptomatic adults: Implications for the ideal spine. *The Spine Journal*, 5(3), 297-309. doi:10.1016/j.spinee.2004.10.050
- Kums, T., Erelina, J., Gapeyeva, H., Pääsuke, M., & 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.
- Levine, D., & Whittle, M. W. (1996). The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24(3), 130-135.
- López-Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2010). Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Science & Sports*, 25(4), 188-193. doi :10.1016/j.scispo.2009.10.004

- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., & Muñor, 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.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., & Rodríguez García, 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., Muñor, J. M., & Alacid, F. (2010). Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers. *Medicina dello Sport*, 63(4), 509-519.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, P. L., & Yuste, J. L. (2008). Posture of thoracic spine during triceps-push-down exercise. *Science & Sports*, 23(3-4), 183-185.
- Lord, M. J., Small, J. M., Dinsay, J. M., & Watkins, R. G. (1997). Lumbar lordosis: Effects of sitting and standing. *Spine*, 22(21), 2571-2574. doi:10.1097/00007632-199711010-00020
- 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:10.1007/s00586-003-0618-8
- McEvoy, M., Wilkie, K. y Williams, M. (2007). Anterior pelvic tilt in elite cyclist - A comparative matched pairs study. *Physical Therapy in Sport*, 8(1), 22-29. doi:10.1016/j.ptsp.2006.09.022
- Nachemson, A. (1976). The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 45, 107-112.
- Nilsson, C., Wykman, A., & Leanderson, J. (1993). Spinal Sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology and Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208. doi:10.1007/BF01560208
- Ogurkowska M. B. (2007). Pathological change of intervertebral disc of the lumbosacral spine of competitive rowers. *Biology of Sport*, 24(4), 375-388.
- O'Sullivan, P., Dankaerts, W., Burnett, A., Chen, D., Booth, R., Carlsen, C., & Shultz, A. (2006). Evaluation of the flexion relaxation phenomenon of the trunk muscles in sitting. *Spine*, 31(17), 2009-2016. doi:10.1097/01.brs.0000228845.27561.e0
- Öztürk, A., Özkan, Y., Özdemir, R., Yaçın, N., Akgöz, S., Saraç, V., & Aykut, S. (2008). Radiographic changes in the lumbar spine in former professional football player: A comparative and matched controlled study. *European Spine Journal*, 17(1), 136-141. doi:10.1007/s00586-007-0535-3
- Pastor, A. (2000). *Estudio del morfotipo sagital de la columna vertebral y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite españoles* (Tesis doctoral). Universidad de Murcia, Murcia.
- 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:10.1007/s00402-004-0641-1
- Polga, D., Beaubien, B., Kallemeier, P., Schellhas, K., Lew, W., Buttermann, G., & Wood, K. (2004). Measurement of *in vivo* intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29(12), 1320-1324. doi:10.1097/01.BRS.0000127179.13271.78
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M., & Hemayattalab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of élite Greco-Roman and free style wrestlers and a group of non-athletic subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 229-232. doi:10.1136/bjism.2006.033639
- Rajabi, R., Freemont, A., & Doherty, P. (2000). The investigation of cycling position on thoracic spine. A novel method of measuring thoracic kyphosis in the standing position. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 108(1), 142.
- Salai, M., Brosh, T., Blankstein, A., Oran, A., & Chechik, A. (1999). Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33(6), 398-400. doi:10.1136/bjism.33.6.398
- Santonja, F. (1993). *Exploración clínica y radiológica del raquis sagital. Sus correlaciones* (premio SOCUMOT-91). Murcia: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico.
- Sato, K., Kikuchi, S., & Yonezawa, T. (1999). *In vivo* intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24(23), 2468-2474. doi:10.1097/00007632-199912010-00008
- Schwab, F., Lafage, V., Boyce, R., Skalli, W., & Farcy, J. P. (2006). Gravity line analysis in adult volunteers. Age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters and foot position. *Spine*, 31(9), E959-E967. doi:10.1097/01.brs.0000248126.96737.0f
- Schwab, F., Lafage, V., Patel, A., & Farcy, J. P. (2009). Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine*, 34(17), 1828-1833. doi:10.1097/BRS.0b013e3181a13c08
- Smith, A., O'Sullivan, P. y Straker, L. (2008). Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine*, 33(19), 2101-2107. doi:10.1097/BRS.0b013e31817ec3b0
- Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., & Burger, E. (2003). Biomechanics and electromyography of a cumulative lumbar disorder: Response to static flexion. *Clinical Biomechanics*, 18(10), 883-889. doi:10.1016/S0268-0033(03)00173-6
- Stutchfield, B., & Coleman, S. (2006). The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *European Journal of Sports Science*, 6(4), 255-260.
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N., & Poza, J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *Spine*, 22(17), 1965-1969. doi:10.1097/00007632-199709010-00004
- Wilke, H., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T., & Claes, L. (1999). New *in vivo* measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24(8), 755-762. doi:10.1097/00007632-199904150-00005
- Wojtys, E., Ashton-Miller, J., Huston, L., & Moga, P. (2000). The association between athletic training time and sagittal curvature of the immature spine. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.