

# Valoració del raquis toràctic, lumbar i inclinació pelviana en ciclistes de categories elit i màster 30

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

**JOSÉ MARÍA MUYOR RODRÍGUEZ**

Facultat de Ciències de l'Educació  
Universidad de Almería (Espanya)

**PEDRO ÀNGEL LÓPEZ-MIÑARRO**

Facultat d'Educació  
Universidad de Murcia (Espanya)

**FERNANDO ALACID CÁRCELES**

Facultat de Ciències de l'Esport  
Universidad de Murcia (Espanya)

**Autor per a la correspondència**

José María Muyor Rodríguez  
josemuyor@ual.es

## Resum

L'objectiu principal de l'estudi va ser avaluar la disposició sagital del raquis toràctic, lumbar i inclinació pelviana en bipedestació i sobre la bicicleta, en ciclistes de les categories elit i màster 30. Un total de 45 ciclistes elit (mitjana d'edat:  $22,71 \pm 3,23$  anys) i 45 ciclistes màster 30 (mitjana d'edat:  $34,40 \pm 2,87$  anys) van ser avaluats amb el sistema Spinal Mouse® en bipedestació i sobre la bicicleta en les diferents agafades del manillar: transversal, de manetes i baix. En bipedestació, els valors angulars mitjans per al raquis toràctic, lumbar i inclinació pelviana van ser de  $47,96 \pm 7,23^\circ$ ;  $-27,62 \pm 6,97^\circ$  i  $14,29 \pm 5,49^\circ$ ; i de  $47,82 \pm 9,32^\circ$ ,  $-26,58^\circ \pm 5,97^\circ$  i  $12,07 \pm 4,77^\circ$ , per als ciclistes elit i màster 30, respectivament. En ambdues categories, es va observar una elevada freqüència de casos amb hipercifosi toràctica en bipedestació (57,80 % en elit i 53,40 % en màster 30). Sobre la bicicleta, els ciclistes elit i màster 30 van mostrar una reducció significativa de la cifosi toràctica respecte a la bipedestació. Quant al raquis lumbar, es va disposar en una postura d'inversió. En conclusió, la freqüent hipercifosi toràctica en bipedestació, en ambdues categories de ciclistes, podria estar més relacionada amb altres factors que amb la postura adoptada sobre la bicicleta.

**Paraules clau:** postura, cifosi, lordosi, columna vertebral, ciclisme

## 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:  $22.71 \pm 3.23$  years) and 45 Masters 30 cyclists (mean age:  $34.40 \pm 2.87$  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

## Introducció

La pràctica esportiva sistemàtica, d'alta intensitat, podria generar adaptacions raquídies específiques segons les posicions adoptades durant els entrenaments. Diferents estudis han analitzat la influència de determinats esports en la disposició sagital del raquis, i han trobat una relació entre la postura predominant en els entrenaments i les adaptacions en les curvatures raquídies (Alricsson & Werner,

2006; Grabara & Hadzik, 2009; Kums, Erelina, 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 esports amb un predomini de postures en flexió del tronc s'ha observat una tendència a l'augment de la cifosi toràcica en bipedestació (Alricsson & Werner, 2006; Grabara & Hadzik, 2009; López-Miñarro & Alacid, 2010; López-Miñarro et al., 2008, 2009, 2010; Rajabi et al., 2008; Stutchfield & Coleman, 2006).

Les postures de flexió intervertebral s'han relacionat amb un augment de l'estrès vertebral (Beach, Parkinson, Stothart, & Callaghan, 2005), pressió intradiscal al raquis toràcic (Polga et al., 2004) i lumbar (Nachemson, 1976; Sato, Kikuchi, & Yonezawa, 1999; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland, & Claes, 1999), així com amb una major deformació en els teixits viscoelàstics del raquis lumbar (Solomonow, Zhou, Barratta, & Burger, 2003), i poden generar adaptacions en la configuració sagital de les corbes raquídies (Iwamoto, Abe, Tsukimura, & Wakano, 2004; Öztürk et al., 2008). Al contrari, postures més alineades del raquis toràcic i lumbar s'han associat a una disminució de l'estrès vertebral (Polga et al., 2004; Sato et al., 1999; Wilke et al., 1999) i de les àlgies raquídies (Smith, Sullivan, & Straker, 2008).

No obstant això, pocs estudis han analitzat diferents categories esportives en un mateix esport. A més a més, la majoria dels estudis s'han centrant a avaluar les corbes raquídies en les posicions de bipedestació, sedentació i/o flexió del tronc, però no en les postures adoptades en els gestos esportius específics. Així mateix, la major part dels estudis no han analitzat la postura de la pelvis malgrat que la seva posició influeix, de manera directa, en la corba lumbar (Levine & Whittle, 1996).

En els últims anys, el ciclisme ha experimentat un auge en la seva pràctica, tant en les categories pro-

fessionals com en l'àmbit recreatiu. Aquest esport es caracteritza per una posició en sedentació amb flexió del tronc per recolzar les mans sobre el manillar de la bicicleta, que col·loca el raquis lumbar en una posició invertida (Usabiaga et al., 1997). Segons Balius (1970, 1983) el ciclisme és un esport contraindicat, ja que la seva pràctica comporta una inevitable posició en hiper-cifosi toràcica, que pot desencadenar modificacions raquídies quan la seva pràctica és intensa i continuada. Per aquest motiu, el ciclisme ha estat classificat com un esport vertebralment negatiu en potència (Balius, Balius, & Balius, 1987).

Entre els diferents estudis que han analitzat diversos esports amb una major o menor implicació de la columna vertebral, alguns han avaluat la disposició sagital del raquis en ciclisme. Rajabi, Freemont, i Doherty (2000) van trobar una significativa major cifosi toràcica en bipedestació en un grup de ciclistes d'elit respecte a un grup de subjectes sedentaris, encara que no van analitzar la disposició sagital del raquis toràcic sobre la mateixa bicicleta. Usabiaga et al. (1999) van mostrar que el raquis lumbar modificava la seva posició de lordosi en bipedestació a una inversió quan el ciclista s'asseia sobre la bicicleta. Respecte a la posició pelviana, McEvoy, Wilkie i Williams (2007) van trobar que els ciclistes presentaven una major inclinació pelviana en comparació amb subjectes sedentaris, en una posició de sedentació amb genolls estesos. Aquests estudis han fet una anàlisi de manera segmentada, sense fer una avaluació completa del raquis (columna toràcica, lumbar i inclinació pelviana).

Per tot això, els objectius del present treball van ser: 1) avaluar les corbes sagitals del raquis toràcic, lumbar i inclinació pelviana en bipedestació i sobre la bicicleta, en ciclistes de les categories elit i màster 30; 2) comparar la postura del raquis i inclinació pelviana, en ambdues categories, entre la postura de bipedestació i en la bicicleta, segons el tipus d'agafada del manillar utilitzada; i 3) determinar la freqüència d'hipercifosi toràcica i hipolordosi lumbar en bipedestació, en ciclistes de les categories elit i màster 30.

## Material i mètode

### Mostra

Un total de 90 ciclistes (45 ciclistes de la categoria elit i 45 ciclistes de la categoria màster 30) van participar voluntàriament en l'estudi. Les característiques de la mostra es presenten a la *taula 1*.

	Ciclistes elit (n = 45)	Ciclistes màster 30 (n = 45)
Edat (anys)	22,71 ± 3,23	34,40 ± 2,87***
Talla (m)	1,76 ± 0,05	1,75 ± 0,59
Massa (kg)	70,88 ± 10,47	77,28 ± 8,47**
IMC (kg · m <sup>-2</sup> )	22,61 ± 2,91	25,08 ± 2,50***
Entrenament (anys)	7,40 ± 4,29	7,44 ± 7,50
Entrenament (dies/setmana)	5,76 ± 1,44	3,11 ± 1,35***
Entrenament (hores/dia)	2,27 ± 0,68	2,87 ± 1,01*
IMC: Índex de Massa Corporal; *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001 respecte als ciclistes elit.		

**Taula 1**

Dades descriptives de la mostra

Els criteris d'inclusió dels ciclistes van ser: 1) tenir un volum d'entrenament sobre la bicicleta de 2 a 5 hores per sessió; 2) tenir una freqüència d'entrenament a la setmana de 2 a 6 dies; i 3) tenir una experiència mínima d'entrenament de 4 anys i estar activament competint en les seves respectives categories tant en competicions nacionals com internacionals. Els criteris d'exclusió van ser: 1) haver patit algun episodi de dolor raquídi en els 3 mesos previs a la participació en l'estudi; 2) haver estat operat de la columna vertebral; o 3) tenir alguna patologia raquídia diagnosticada. Tots els subjectes van ser instruïts a no participar en activitats físiques o entrenaments intensos 24 hores abans dels mesuraments.

## Procediment

L'estudi va ser aprovat per la Comissió de Bioètica de la Universitat d'Almeria. Prèviament als mesuraments, tots els subjectes van ser informats sobre el procediment i van signar, voluntàriament, un consentiment informat.

Per a la valoració de la disposició angular de la corba toràcica, lumbar i inclinació pelviana en bipedestació i sobre la bicicleta en les diferents agafades del manillar (transversal, de manetes i baix), es va utilitzar el sistema Spinal Mouse® (Idiag, Fehraltdorf, Switzerland). Diferents treballs han mostrat que l'Spinal Mouse® és un sistema vàlid i fiable per a la valoració de les curvatures raquídi i inclinació pelviana en comparació amb tècniques radiogràfiques (Guermazi et al., 2006; Mannion, Knecht, Balavan, Dvorak, & Grob, 2004; Post & Lefevink, 2004).

Cada subjecte va ser valorat, en roba interior, descalç i pel mateix examinador en una mateixa sessió. La vestimenta utilitzada en la valoració sobre la bicicleta va ser: un culot sense tirants i les mateixes sabatilles automàtiques dels ciclistes. La temperatura va ser estandaritzada a 24 °C. Els mesuraments es van fer de manera aleatòria i va haver-hi 5 minuts de descans entre cadascun d'aquests.

Prèviament als mesuraments, l'investigador principal va identificar mitjançant palpació i va marcar, amb un llapis dèrmic, l'apòfisi espinosa de la setena vèrtebra cervical (C7), així com la tercera vèrtebra sacra (S3).

Per mesurar les corbes raquídi i inclinació pelviana, una vegada que el subjecte es col·locava en la posició a mesurar, es guiava l'Spinal Mouse® al llarg de les apòfisis espinoses del raquis, des de C7 fins a S3. El sistema digitalitzava el contorn de la pell sobre el raquis en el pla sagital aportant informació sobre l'angulació global

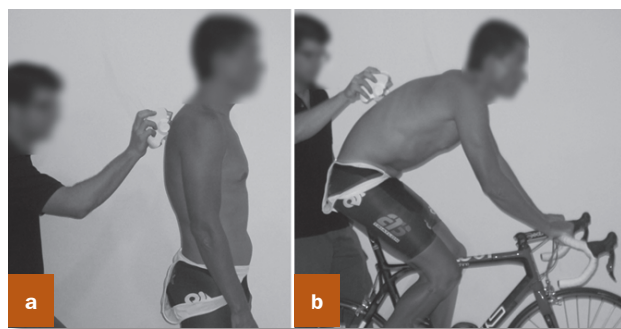
de les corbes raquídi i inclinació pelviana (diferència entre l'angle sacre i el pla vertical). Respecte a la corba lumbar, els valors negatius van indicar angulacions de concavitat posterior (lordosi), mentre que els valors positius van correspondre a una curvatura de convexitat posterior (inversió lumbar). Quant a la posició pelviana, el valor 0° va representar una posició vertical. Valors positius van representar una posició d'anteversió pelviana, mentre que valors negatius indicaven una posició de retroversió pelviana.

## Bipedestació

Els subjectes se situaven de peu, amb les espatlles relaxades, mirada al davant, els braços al llarg del tronc i amb una obertura dels peus igual a l'amplària dels seus malucs (fig. 1a). Per categoritzar els valors angulars de la corba toràcica basant-se en unes referències de normalitat, es van utilitzar els valors descrits per Santonja (1993): rectificació toràcica (< 20°), cifosi toràcica normal (20°-45°), hipercifosi toràcica lleu (46°-60°) i hipercifosi toràcica moderada (61°-80°). Per categoritzar els valors angulars de la corba lumbar, es van utilitzar els valors de referència descrits per Pastor (2000): valors entre 20° i 40° van ser considerats com a lordosi normal, mentre que valors inferiors a 20° es van considerar com a rectificació lumbar i valors superiors a 40° van ser considerats com hiperlordosi.

## Sedentació sobre la bicicleta

Cada ciclista va utilitzar la seva pròpia bicicleta. Els subjectes havien d'asseure's al selló i pedalejar durant 5 minuts a una cadència de 90 pedalades per minut (marcades amb un cadenciòmetre). Es van mesurar les corbes toràciques i lumbars, així com la inclinació pelviana (fig. 1b) en tres posicions, segons el tipus d'agafada al



**Figura 1**

Valoració del raquis amb Spinal Mouse® en bipedestació (a) i sobre la bicicleta (b)

**Figura 2**

Posicions al manillar: agafada transversal (a), agafada de manetes (b), i agafada baixa (c)



manillar: agafada transversal, agafada de manetes i agafada baixa (fig. 2). Els mesuraments es van fer en un ordre aleatori. Entre cada posició va haver-hi un descans de 30 segons.

### Anàlisi estadística

Els valors mitjans i desviacions típiques van ser calculats per a totes les variables. La hipòtesi de normalitat va ser analitzada mitjançant el test Kolmogorov-Smirnov. Una anàlisi de variància (ANOVA) de dos factors (grup i postura) amb mesures repetides per al segon factor va ser usada per comparar la disposició sagital del raquis i la inclinació pelviana en les diferents posicions avaluades. La significació de les mesures repetides multivariades va ser confirmada pels tests de Wilk's lambda, Pillai trace, Hotelling trace i Roy, en què es van obtenir resultats similars. Si s'obtenia un  $p$ -valor significatiu per a l'efecte principal de l'ANOVA, es procedia a fer una comparació per parells (*post hoc*) usant la correcció de Bonferroni per a comparacions múltiples, ajustant el criteri de significació a un valor de 0,0125 (0,05/4). Les dades van ser analitzades usant el programari SPSS, versió 15,0, i el nivell de significació, a priori, va ser de  $p < 0,05$ .

### Resultats

Els valors mitjans i desviacions típiques del raquis toràcic, lumbar i inclinació pelviana en les postures avaluades són presentats a la taula 2. En bipedestació no es van observar diferències significatives en els valors angulars per a la cifosi toràcica i lordosi lumbar entre ambdues categories. Els ciclistes elit van presentar una major inclinació pelviana que els ciclistes màster 30 ( $p < 0,05$ ).

Els ciclistes de categoria elit van mostrar una menor cifosi toràcica en les tres agafades del manillar en comparació amb els màster 30, encara que només va ser significativa en l'agafada alta ( $p < 0,05$ ). Quant al raquis lumbar, es va observar en ambdues categories una postura d'inversió lumbar sobre la bicicleta en les tres agafades del manillar. Els ciclistes elit van mostrar una major flexió lumbar que els ciclistes màster 30 en les tres agafades analitzades, i va ser significativa en l'agafada baixa. En totes les posicions avaluades, els ciclistes elit van presentar una major inclinació pelviana que el grup màster 30 ( $p < 0,05$ ) (taula 2).

L'ANOVA de mesures repetides va revelar diferències significatives per a l'efecte principal al raquis toràcic, lumbar i inclinació pelviana ( $p < 0,05$ ), en ambdues categories. L'anàlisi *post hoc* amb ajust de Bonferroni va mostrar, en ambdues categories, una significativa i major

**Taula 2**  
Valors mitjans del raquis toràcic, lumbar i inclinació pelviana en les quatre postures avaluades en els ciclistes de categories elit i màster 30

		Elit	Màster 30
Bipedestació	Raquis toràcic	47,96 ± 7,23°	47,82 ± 9,32°
	Raquis lumbar	-27,62 ± 6,97°	-26,58 ± 5,97°
	Inclinació pelviana	14,29 ± 5,49°	12,07 ± 4,77°*
Agafada transversal	Raquis toràcic	34,44 ± 10,82°	40,20 ± 9,09°***
	Raquis lumbar	26,64 ± 7,52°	21,80 ± 6,56°**
	Inclinació pelviana	23,33 ± 5,48°	21,76 ± 6,30°
Agafada de manetes	Raquis toràcic	35,09 ± 10,68°	37,73 ± 11,43°
	Raquis lumbar	27,51 ± 7,31°	22,76 ± 6,67°**
	Inclinació pelviana	27,62 ± 5,84°	26,93 ± 6,53°
Agafada baixa	Raquis toràcic	37,09 ± 9,86°	40,76 ± 10,91°
	Raquis lumbar	30,00 ± 7,37°	23,27 ± 6,14°
	Inclinació pelviana	35,00 ± 5,72°	34,11 ± 6,33°

\*  $p < 0,05$  respecte als ciclistes elit; \*\*  $p < 0,01$  respecte als ciclistes elit.

			Agafada transversal	Agafada de manetes	Agafada baixa
Ciclistes elit	Raquis toràcic	Bipedestació	(13,51°)*	(12,86°)*	(10,86°)*
		Agafada transversal	–	(0,64°) NS	(2,64°) NS
		Agafada de manetes	–	–	(2,00°) NS
	Raquis lumbar	Bipedestació	(54,26°)*	(55,13°)*	(57,62°)*
		Agafada transversal	–	(0,86°) NS	(3,35°)*
		Agafada de manetes	–	–	(2,48°)*
	Inclinació pelviana	Bipedestació	(9,04°)*	(13,33°)*	(20,71°)*
		Agafada transversal	–	(4,28°)*	(11,66°)*
		Agafada de manetes	–	–	(7,37°)*
Ciclistes màster 30	Raquis toràcic	Bipedestació	(7,62°)*	(10,08°)*	(7,06°)*
		Agafada transversal	–	(2,46°)*	(0,55°) NS
		Agafada de manetes	–	–	(3,02°)*
	Raquis lumbar	Bipedestació	(48,37°)*	(49,33°)*	(49,84°)*
		Agafada transversal	–	(0,95°) NS	(1,46°) NS
		Agafada de manetes	–	–	(0,51°) NS
	Inclinació pelviana	Bipedestació	(9,68°)*	(14,86°)*	(22,04°)*
		Agafada transversal	–	(5,17°)*	(12,35°)*
		Agafada de manetes	–	–	(7,17°)*

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

**Taula 3**

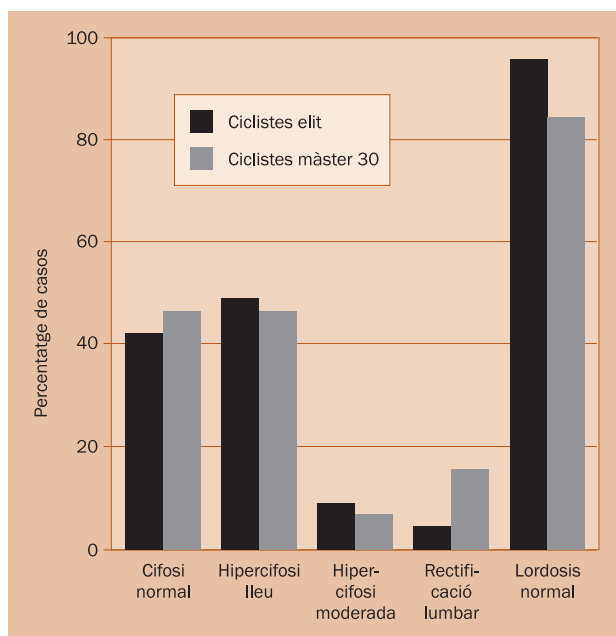
Comparació per parells (valor de diferència) entre les posicions per al raquis toràcic, lumbar i inclinació pelviana en les categories de ciclistes elit i màster 30

cifosi toràcica en bipedestació que l'adoptada sobre la bicicleta en les tres agafades del manillar analitzades ( $p < 0,0125$ ). El raquis lumbar es va disposar en una significativa major flexió intervertebral en l'agafada baixa del manillar, en comparació amb l'agafada mitjana i agafada alta. La flexió pelviana va ser significativament major sobre la bicicleta en l'agafada baixa del manillar, en comparació amb la resta de postures avaluades (taula 3).

Els percentatges de casos en cadascuna de les categories per al raquis toràcic i lumbar en la postura de bipedestació es presenten a la figura 3. Els ciclistes elit van mostrar el major percentatge de casos amb hipercifosi toràcica i lordosi en valors normals. No obstant això, els màster 30 van evidenciar un major percentatge de casos de rectificació lumbar.

## Discussió

La posició en sedentació prolongada sobre la bicicleta, durant anys d'entrenament, podria generar algun tipus d'adaptació en les corbes raquídies. Per aquest motiu, l'objectiu del present treball va ser avaluar les



**Figura 3**

Percentatge de subjectes segons cada categoria per al raquis toràcic i lumbar en bipedestació

corbes sagitals del raquis i inclinació pelviana, en bipedestació i sobre la bicicleta, en ciclistes de les categories elit i màster 30. Una de les principals troballes del present estudi va ser l'alta freqüència de ciclistes amb una hipercifosi toràcica en bipedestació (57,80 % en elit i 53,40 % en màster 30), mentre que respecte a la corba lumbar la majoria dels ciclistes tenien valors considerats normals. Diversos estudis han observat una tendència a l'augment de la cifosi toràcica en bipedestació en esports on predominen gestos tècnics específics en flexió mantinguda o cíclica del tronc, com en lluita, piragüisme, voleibol i 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 ciclistes d'elit, Rajabi et al. (2000) van observar una cifosi toràcica significativament major respecte a un grup control de subjectes que no practicaven esport i van justificar els seus resultats a causa de l'elevat temps que passen els ciclistes en flexió del tronc sobre la bicicleta, de manera que es generen adaptacions raquídies específiques. No obstant això, en aquests treballs no es va analitzar la posició adoptada sobre les seves bicicletes.

Wojtys, Ashton-Miller, Huston i Moga (2000), després d'avaluar 2.270 nens amb edats compreses entre 8 i 18 anys, de diferents modalitats esportives (futbol, gimnàstica, hoquei sobre gel, atletisme, natació i voleibol), van trobar un increment de la cifosi toràcica proporcional a les hores d'entrenament a l'any. En canvi, la lordosi lumbar semblava no modificar-se fins que no s'excedien les 400 hores a l'any. Alricsson i Werner (2006) van observar un increment de la cifosi toràcica en esquiadors adolescents després de 5 anys d'entrenament intens. En el present treball no s'han trobat diferències significatives entre els ciclistes de les categories elit i màster 30, possiblement a causa de la similitud dels anys de pràctica (aproximadament 7 anys). No obstant això, els ciclistes elit entrenen més dies a la setmana en la bicicleta, encara que el seu major volum total de treball no genera una significativa major cifosi toràcica que en els ciclistes de la categoria màster 30.

L'augment de la cifosi toràcica en esportistes l'entrenament dels quals es caracteritza per un predomini de postures de flexió del tronc, podria deure's a la pèrdua d'altura dels discos intervertebrals, els quals tendrien a la reducció de la longitud anterior de la columna vertebral (Rajabi et al., 2008; Wojtys et al., 2000). Un increment de la flexió intervertebral toràcica s'ha associat

amb l'augment de la pressió intradiscal i estrès raquídi, així com amb una major possibilitat de patir lesions raquídies (Briggs et al., 2007; Polga et al., 2004; Sato et al., 1999).

L'anàlisi de la posició del raquis en les postures específiques en què entrenen els esportistes és de gran importància, si bé els estudis previs no han analitzat la disposició sagital del raquis en aquestes postures. En el present estudi, en analitzar les corbes sagitals del raquis sobre la bicicleta, en les tres agafades avaluades, el raquis toràcic va manifestar una significativa menor cifosi que en bipedestació (diferències de mitjanes: 13,52°, 12,87°, 10,87°; i 7,62°, 10,09°, 7,06° per als grups elit i màster 30 en l'agafada transversal, de manetes i baixa, respectivament). Aquestes dades no sustenten la idea que el ciclisme comporta una inevitable posició en hipercifosi toràcica (Balius, 1970, 1983). La menor cifosi toràcica sobre la bicicleta podria estar relacionada amb l'adducció i retropulsió de la cintura escapular, així com amb una extensió intervertebral toràcica generada en recolzar les mans sobre el manillar. Per això, l'elevat percentatge de casos amb hipercifosi toràcica trobats en bipedestació, en ambdues categories, podria deure's a altres aspectes relacionats amb hàbits posturals o un inadequat esquema corporal, més que a l'adaptació de les estructures raquídies a causa de la postura adoptada sobre la bicicleta.

Quant a la posició del raquis lumbar sobre la bicicleta, es va observar una inversió lumbar en les tres agafades analitzades, i eren majors la flexió lumbar i inclinació pelviana a mesura que l'agafada sobre el manillar era més distal i baixa respecte al suport sobre el selló de la bicicleta. Aquestes dades concorden amb Usabiaga et al. (1997) que, després de valorar mitjançant radiografies tres ciclistes professionals sobre les seves bicicletes, van evidenciar en tots ells un raquis lumbar en inversió i el sacre en una posició més horitzontal que en bipedestació. Lord, Small, Dinsay i Watkins (1997) van observar que la lordosi lumbar es reduïa en un 50 % en passar de la bipedestació a la sedentació. La posició del raquis i pelvis en els ciclistes s'ha relacionat amb la recerca d'una major aerodinàmica. Sobre la bicicleta, el raquis lumbar es flexiona per poder recolzar les mans sobre el manillar que, normalment, se situa més baix que l'altura del selló. Per aquest motiu, De Vey Mestdagh (1998) denomina la posició del ciclista sobre la bicicleta com a *antinatural*.

Un alt volum d'entrenament amb el raquis lumbar en inversió podria generar adaptacions raquídies específiques que derivessin en una disminució de la lordosi

lumbar en bipedestació. No obstant això, en el present estudi, un elevat percentatge de ciclistes d'ambdues categories tenien una lordosi lumbar neutral en bipedestació (95,60 % en elit i 84,40 % en màster 30). Recentment, s'han observat resultats similars en joves caiaquistes. López-Miñarro, Muyor i Alacid (2010) van trobar que el raquis lumbar dels caiaquistes se situava en inversió en la postura de sedentació en el caiac. No obstant això, en bipedestació, el 87,5 % d'aquests esportistes presentaven el raquis lumbar en valors neutrals. Els caiaquistes han de fer la palada allunyada del seu centre de gravetat per generar una major potència i desplaçament de l'embarcació, la qual cosa afavoreix la posició d'inversió lumbar. No obstant això, en coincidència amb López-Miñarro, Muyor, et al. (2010), les inversions lumbars adoptades durant un temps prolongat en esportistes no generen una disminució de la lordosi lumbar. Possiblement es deu al fet que els anys de pràctica esportiva (7 anys en ciclistes elit i màster 30) són insuficients per generar aquesta adaptació. En aquest sentit, Ogurkowska (2007) va observar, en remers amb una experiència de pràctica esportiva de 12 anys de mitjana (mínim 8 anys i màxim 20 anys), canvis en les altures dels cossos vertebrals i discos intervertebrals del raquis lumbar.

Mantenir el raquis lumbar en una postura d'inversió durant llargs períodes de temps podria alterar la distribució de càrrega raquídia (Keller, Colloca, Harrison, Harrison, & Janik, 2005), augmentar la pressió intradiscal (Nachemson, 1976; Polga et al., 2004; Sato et al., 1999; Wilke et al., 1999), deformar els teixits espinals (Caldwell & Peters, 2009; Solomonov et al., 2003) i produir un augment del dolor raquídi (Harrison et al., 2005; Smith et al., 2008). Per mantenir una corba lumbar més alineada sobre la bicicleta, la pelvis hauria d'estar en una major anteversió (De Vey Mestdagh, 1998), encara que podria produir molèsties lumbars a causa de l'elevada activació del múscul lumbar multifid (Sullivan et al., 2006). En aquest sentit, Salai, Brosh, Blankstein, Oran, i Chechik (1999) van observar, en ciclistes amb dolor lumbar, que en modificar la inclinació anterior del selló entre 10° i 15° s'augmentava la inclinació de la pelvis i el tronc i disminuïa així significativament el dolor lumbar.

La pelvis és considerada com la base de la columna vertebral i el seu grau d'inclinació afecta les corbes sagitals del raquis (Levine i Whittle, 1996). En aquest sentit, en bipedestació, els ciclistes elit van presentar una significativa major inclinació pelviana i lordosi lumbar que els ciclistes màster 30. Igual que en el present estudi, Barrey, Jund, Nosedá i Roussouly (2007) i Schwab, Lafage,

Patel i Farcy (2009) van observar que els subjectes amb major inclinació pelviana presentaven una major lordosi lumbar. Al contrari, els subjectes amb la pelvis en retroversió mostraven una menor lordosi lumbar. Aquests autors van justificar les seves troballes a causa de la important funció que exerceix la pelvis en l'equilibri postural, que modifica la seva inclinació per reajustar el centre de gravetat (Barrey, Jund, Nosedá, & Roussouly, 2007; Schwab, Lafage, Boyce, Skalli, & Farcy, 2006).

Quant a la posició de la pelvis sobre la bicicleta, els ciclistes d'ambdues categories esportives van mostrar una significativa major inclinació pelviana en les tres agafades analitzades que en bipedestació. Aquesta modificació es deu a la necessitat d'arribar al manillar de la bicicleta. A més a més, la inclinació pelviana va ser major com més baixa se situava l'agafada al manillar respecte al selló. Els ciclistes de categoria elit van mostrar, sobre la bicicleta i en les tres agafades del manillar, els valors d'inclinació pelviana significativament més elevats. Aquests resultats s'expliquen per diversos motius. En primer lloc, els ciclistes van usar les seves pròpies bicicletes amb els seus ajustos específics, i el manillar de la bicicleta dels ciclistes de categoria elit estava més baix per poder adoptar una posició més aerodinàmica. Així mateix, la major inclinació pelviana dels ciclistes elit podria ser una adaptació a la postura mantinguda sobre la bicicleta, ja que el seu volum total d'entrenament era significativament major que els ciclistes màster 30. En aquest sentit, McEvoy et al. (2007) van trobar en ciclistes d'elit una significativa major inclinació pelviana en sedentació amb genolls estesos, en comparació amb subjectes sedentaris. Aquests autors van explicar les seves troballes a causa de l'adaptació específica dels ciclistes elit a les posicions amb inclinació del tronc, que cerquen una disminució de la secció frontal i, per tant, la millora de l'aerodinàmica.

El grau d'extensibilitat isquiosural podria haver influït en l'increment de la flexió intervertebral del raquis lumbar i inclinació pelviana en aquests esportistes. Una major extensibilitat isquiosural ha estat associada amb un augment de la flexió lumbar i inclinació pelviana (Gajdosik, Albert, & Mitman, 1994; Gajdosik, Hatcher, & Whitsell, 1992; López-Miñarro & Alacid, 2010). No obstant això, en la postura adoptada sobre la bicicleta, l'extensibilitat isquiosural no té una gran influència, ja que l'esportista no aconsegueix l'extensió completa de genoll, de manera que queda en una flexió entorn de vintè quan el pedal se situa en el

punt més baix de la fase de pedalada (De Vey Mestdagh, 1998). En altres esports, com en piragüisme, s'ha demostrat que una extensibilitat isquiosural més elevada es relaciona amb una major flexió intervertebral lumbar (López-Miñarro & Alacid, 2010), encara que aquestes troballes es van obtenir mitjançant la realització d'un test de màxima flexió del tronc amb genolls estesos i no en l'anàlisi de la postura mantinguda sobre l'embarcació.

Tradicionalment, els ciclistes no fan exercicis posturals per a la columna i la pelvis. La inclusió de programes específics sobre la millora de l'esquema corporal, conscienciació postural i enfortiment de la musculatura abdominal i lumbar podrien ser rellevants per prevenir alteracions de les corbes raquídies. Per això, es recomana la inclusió d'aquestes activitats en els plans d'entrenament dels ciclistes per millorar la seva posició raquídia i pelviana sobre la bicicleta i en les activitats de la vida diària.

En conclusió, en bipedestació relaxada, els ciclistes de les categories elit i màster 30 presenten un elevat percentatge de casos amb hipercifosi toràcica i lordosi lumbar normal. Sobre la bicicleta, en les tres agafades del manillar analitzades, els ciclistes d'ambdues categories mantenen el raquis toràcic en una significativa menor cifosi que en bipedestació. El raquis lumbar es disposa en inversió, accentuant-se la flexió intervertebral i la inclinació pelviana com més distal i baixa és l'agafada del manillar respecte al selló de la bicicleta.

*La participació de Pedro Ángel López-Miñarro en aquest treball és el resultat de l'ajuda (11664/EE2/09) concedida per la Fundació Sèneca - Agència de Ciència i Tecnologia de la Regió de Múrcia en el marc del II PC-TRM 2007-2010.*

## Referències

- 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
- Guermaz, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kes-somtini, 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., & 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.
- 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., Muyor, 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-pushdown 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* (Tesi 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 elite 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* (premi 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.