

Tesis de Grado

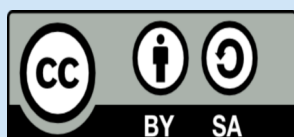
Echarren, Nicolás y García Morán, Nicolás

Intervención kinésica en ciclistas de ruta con dolor lumbar por patrón flexor sostenido

Instituto de Ciencias de la Salud

2025

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y
Fisiatría*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Echarren, N. y García Morán, N. (2025). *Intervención kinésica en ciclistas de ruta con dolor lumbar por patrón flexor sostenido* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3674>



Instituto de Ciencias de la Salud – Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría

“Intervención kinésica en ciclistas de ruta con dolor lumbar por patrón flexor sostenido”.

Autores:

Echarren Nicolás. DNI 42.365.585. Legajo: 45148

García Morán Nicolás. DNI 38.866.433. Legajo: 44172

Director/a:

Lic. Genovese Jimena

Fecha de Presentación:

8/9/2025

Firma de Autores:

Two handwritten signatures in black ink. The signature on the left is more stylized and compact, while the signature on the right is more elongated and includes a horizontal line at the end.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a nuestras familias por el apoyo incondicional en estos años académicos y en cada momento de nuestra vida.

Amigos de la vida que nos apoyan en cada paso que damos para ser mejores profesionales, pero por sobre todo, mejores personas.

A nuestros amigos/compañeros, que se cruzaron en nuestro trayecto universitario y nos ayudaron a transitar estos hermosos años de carrera.

A la tutora de esta tesina: la licenciada Jimena Genovese, por su gran dedicación y apoyo durante el desarrollo de la misma.

A los docentes y kinesiólogos, que se han cruzado en nuestro camino durante estos bellos años de formación, reflejando su conocimiento y amor por esta maravillosa profesión.

A nuestra queridísima Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) que nos abrió las puertas para poder continuar con nuestra formación.

ÍNDICE

I. Introducción	5
II Pregunta de investigación a abordar y objetivos	7
III Marco teórico	8
III.a Historia y evolución del ciclismo.	8
III.a.1 Definición	8
III.a.2 orígenes	8
III.b El ciclismo de ruta	11
III.c Bicicleta de ruta	12
III.c.1 Anatomía de la bicicleta	13
III.c.1.a El cuadro	13
III.c.1.b Las ruedas	13
III.c.1.c Sistema de dirección	14
III.c.1.d Manillar	14
III.c.1.e Transmisión:	14
III.c.1.f Frenos:	15
III.d Biomecánica del ciclismo.	15
III.d.1 Posición del ciclista.	15
III.d.2 Técnica de pedaleo.	16
III.d.3 Fases del pedaleo.	16
III.d.4 La cadencia de pedaleo	19
III.f La columna vertebral	19
III.f.1 El raquis lumbar	20
III.f.1.a Vértebras lumbares	21
III.f.1.b Elementos de la unión vertebral	23
III.f.1.c Movimientos de la columna vertebral.	24
III.f.1.d Disco intervertebral, estructura y función.	25
III.f.1.e Músculos erectores de la columna	27

III.f.1.f Complejo CORE	28
III.f.1.g Movimiento de flexión.	29
III.f.1.h Movimiento de extensión.	29
III.h Dolor lumbar en ciclistas.	30
III.h.1 Factores intrínsecos.	31
III.h.1.a Flexión-relajación.	31
III.h.1.b Influencia del déficit de flexibilidad en el dolor lumbar.	32
III.h.1.c Hipótesis de la isquemia discal.	32
III.h.1.d Fatiga muscular.	33
III.h.2 Factores extrínsecos.	33
III.h.2.a Ajustes del sillín	34
III.h.2.b Ajustes del manillar	36
III.h.2.c Exposición a la vibración	36
III.i Rol del kinesiólogo en cuanto a estrategias de prevención y tratamiento del dolor lumbar en ciclismo	37
IV. Estrategia metodológica	38
V. Contexto de análisis	41
VI. Resultados	62
VII. Conclusión	62

Índice de imágenes

<i>Figura 1. La evolución de la bicicleta en el siglo XIX.(P. Soriano. 2015)</i>	10
<i>Figura 2. Bicicletas actuales (P. Soriano. 2015).</i>	11
<i>Figura 3 Bicicleta de ruta.(P. Soriano. 2015)</i>	13
<i>Figura 4. Aplicación de fuerza sobre los pedales. (Saldarriaga L. 2008)</i>	18
<i>Figura 5. Principales músculos implicados al pedalear. Ayala.T. 2010</i>	19
<i>Figura 6. Columna vertebral. (Latarjet.M. 2019)</i>	21
<i>Figura 7. Vértebra lumbar. (Latarjet.M. 2019)</i>	23
<i>Figura 8. Elementos de unión vertebral. (Kapandji 2012).</i>	25

<i>Figura 9. Vista superior de disco intervertebral. (Latarjet.M. 2019)</i>	27
<i>Figura 10. Músculos propios del dorso, (Latarjet.M. 2019)</i>	29
<i>Figura 11. Dimensiones de la bicicleta (Quesada. j 2024)</i>	36

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Palabras claves que se utilizaron en este trabajo de investigación.</i>	40
<i>Tabla 2: Combinación de palabras claves.</i>	41
<i>Tabla 3. Resumen de artículos analizados (elaboración propia)</i>	57

ABREVIATURAS

CDR: Ciclismo de ruta

DL: Dolor lumbar

CL: Columna lumbar

PF: Patrón flexor

I. INTRODUCCIÓN

El ciclismo es una actividad física en la que se utiliza una bicicleta como medio de transporte de manera recreativa, laboral o como instrumento para competir. Se han realizado múltiples estudios y se ha demostrado que la actividad genera beneficios tanto para la salud y la condición física de las personas que lo practiquen, como beneficios sociales al realizar un cambio modal de utilizar un auto que contamina al ciclismo que no lo hace.

Esta práctica dependiendo de su modalidad y nivel de competencia conlleva una variedad de lesiones, que pueden clasificarse en dos tipos; Por un lado, están las lesiones traumáticas. Por otro, las lesiones no traumáticas o por sobreuso, que son más frecuentes en el ciclismo de ruta (CDR) y se deben a un gesto motor totalmente repetitivo que es pedalear. Este movimiento ocurre principalmente en el plano sagital, generando desequilibrios de fuerzas musculares, a lo que si la posición del ciclista en la bicicleta no es la adecuada los riesgos de lesión aumentan.(1) Un estudio basado en “lesiones por sobreuso excesivo en ciclistas de ruta profesionales” (B.Clarsen 2010) demostró que el síntoma doloroso más frecuente en esta disciplina fue en la zona lumbar, representando una incidencia del 45% de las 94 lesiones registradas, en un total de 109 ciclistas.(2) El dolor lumbar (DL) es un síntoma que puede ser causado por diversas patologías, pero a menudo la causa nociceptiva específica permanece indeterminada. Uno de los síntomas más comunes es DL con dolor de piernas asociados y se relaciona en un pronóstico menos favorable, pero en el caso del ciclismo el DL se caracteriza por ser un dolor centralizado con una evolución más favorable. (3)

La bicicleta moderna consiste en un cuadro con varios componentes principales que incluyen el manillar, la horquilla, los frenos, las ruedas, las bielas, los pedales y el sistema de cambio de marcha (4)

El ciclista está en contacto con la bicicleta a través de 3 puntos de apoyo: el manillar, el sillín y los pedales. La posición relativa de estos tres componentes se puede configurar de varias maneras según la disciplina de ciclismo, los conocimientos científicos sobre su posicionamiento y el confort del ciclista (5). La adecuada configuración de la bicicleta

puede influir tanto en el rendimiento del ciclista, la percepción de la comodidad, así como la prevención de lesiones. (6)

El CDR es una actividad en la que se produce una interacción socio-motriz mediante la participación simultánea entre compañeros o cooperadores y adversarios u opositores, utilizando como espacio común carreteras pavimentadas. Pero existen otros escenarios, como canchas de polideportivos, pistas planas o espacios planos con diversas superficies como cemento, pavimento, baldosín, e incluso grama en terrenos llanos. Dentro de esta categoría podemos encontrar diferentes competencias como: carreras de un día, pruebas contra reloj, circuitos, etapas en línea o etapas mixtas. (7).

En el CDR las bicicletas de competición tienen un cuadro y ruedas relativamente grandes. Tiene unos ángulos del cuadro considerables y ruedas finas, por lo que responde al control de manera más rápida pero también más brusca que el resto de bicicletas. El manillar tiene diferentes diseños para que el ciclista adopte diferentes posiciones. (4)

El ciclista adaptará su postura para vencer las fuerzas resistivas, a una baja velocidad la fuerza de rodar, la cual resulta del roce de las dos ruedas con la carretera, es la fuerza dominante. Por otro lado, a velocidades altas, el arrastre aerodinámico se vuelve la fuerza resistiva más importante. La postura básica consiste en mantener las manos en la parte superior de los frenos, en la cual la columna lumbar (CL) se encuentra en la posición más erguida. Otra posición es la de carrera, la cual consiste en conservar las manos en la parte inferior del manubrio, es más agresiva que la anterior y es utilizada en terrenos planos con mayor velocidad. Finalmente, la postura aerodinámica, que consiste en tener los antebrazos paralelos al piso con las manos en la parte superior del manubrio, es la posición más baja y agresiva. De manera progresiva, desde la postura básica hasta la aerodinámica se incrementan los ángulos sagitales de la columna y la inclinación pélvica. (8)

La alteración de las curvaturas fisiológicas de la columna en el plano sagital se ha asociado con la predisposición a trastornos de la columna vertebral. Una posición sentada mantenida con el tronco flexionado durante un tiempo prolongado, conocido como Patrón flexor (PF), aumenta la presión intradiscal, la deformación viscoelástica de los tejidos lumbares y la rigidez muscular acompañados de eventos de DL (9), es por

eso que este dolor en el ciclismo se clasifica como un trastorno con patrón de flexión lumbar. Por otra parte, los factores de riesgo para el desarrollo del DL en el ciclismo son multicausales e incluyen factores intrínsecos, relacionados a déficits biomecánicos y del control motor. Y a factores extrínsecos, asociados a los componentes y el ajuste de la bicicleta. (10)

II PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN A ABORDAR Y OBJETIVOS

En consecuencia, de lo previamente expuesto, se plantea un interrogante: ¿Cuáles son los efectos de las estrategias de intervención kinésica para tratar y/o prevenir el DL relacionados al PF sostenido en ciclistas de ruta?

En base a una revisión de la bibliografía actual, el objetivo general de esta investigación consiste en describir, las estrategias de intervención kinésica aplicables a la prevención y tratamiento de DL relacionados al patrón de flexión lumbar sostenido en ciclistas de ruta adultos. Considerando los factores asociados a su aparición, tanto intrínsecos como extrínsecos y abordajes descritos en la literatura científica publicada.

Para efectuar el objetivo principal anunciado, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la biomecánica del posicionamiento del individuo sobre la bicicleta.
- Describir el DL como síntoma relacionado al PF sostenido.
- Identificar los factores intrínsecos y extrínsecos predisponentes al DL en ciclistas asociados al PF
- Evaluar las diferentes estrategias de intervención kinésica aplicables a ciclistas de ruta con DL relacionado al PF.

III MARCO TEÓRICO

III.a Historia y evolución del ciclismo.

III.a.1 Definición

El ciclismo es un deporte simétrico que se practica con el uso de un elemento mecánico: la bicicleta. Este dispositivo le determina al atleta cierta postura, ya que es una estructura fija que limita la movilidad del cuerpo, posicionando al ciclista entre los pedales mediante los cuales se propulsa el artefacto. La aparición como práctica deportiva se dio gracias a un desarrollo y evolución mecánica a lo largo del tiempo que permitió optimizar su uso tanto en el ámbito recreativo como competitivo. A este vehículo tras pasar por múltiples transformaciones hoy en día se lo reconoce como bicicleta. Es probablemente el medio de transporte que más beneficios produce ambientalmente, económicamente y en términos de salud, por lo que es considerado un vehículo sostenible para el futuro del planeta y la mejora de la calidad de vida de la población. (11)

III.a.2 orígenes

Los orígenes de esta máquina comenzaron alrededor del año 1690, cuando el francés De Sivrac creó el artefacto denominado “Célérifère” (figura 1a). Se conformaba por un bastidor de madera con dos ruedas, sin manillar, y cuyo método de propulsión era mediante el impulso de los pies contra el suelo. Fue la primera representación de la creación de un transporte personal basado en ruedas.

En 1817, el alemán Karl Drais desarrolla la “Draisiana” (figura 1b), este invento mantenía el método de propulsión mediante el empuje de los pies contra el suelo, pero introducía una mejora fundamental: incorporar dirección y manillar, permitiendo así girar la rueda delantera y maniobrar el vehículo de forma más eficiente.

Posteriormente, en 1839, un herrero escocés, Patrick Macmillan diseñó el primer modelo que incorporó pedales al artefacto, conocido como "Velocípedo" (figura 1d). Esta evolución ya no requería contacto directo del pie con el suelo, ya que incorporaba palancas de conducción y pedales. De este modo, el ciclista podía impulsar la máquina

únicamente con el movimiento de sus piernas, lo que supuso un avance clave en la funcionalidad del vehículo.

El invento precursor directo de la bicicleta moderna: "Boneshaker", fue el modelo francés dirigido por manivela, un velocípedo de pedaleo sin presión, diseñado en 1855 por Pierre Michaux (figura 1e). Esta versión mejorada permitía una conducción más estable y cómoda en comparación con los inventos anteriores, aunque todavía presentaba limitaciones en términos de comodidad y vibración.

A principios de 1870 los fabricantes de velocípedos las comenzaron a hacer con una rueda delantera de diámetro considerablemente mayor a la trasera (figura 1f) y utilizaron mejores materiales y más ligeros. Las razones de este cambio en el diseño fueron encaminadas a que cada pedalada se tradujera en una mayor distancia de movimiento. El principal material empleado en su construcción era el acero, con lo que el peso se quedó en poco más de la mitad que el de los velocípedos, y tenían ruedas con neumáticos de goma maciza (no hueca). Aunque el propósito de su diseño fue mejorar la eficiencia y seguridad, eran bicicletas difíciles de controlar.

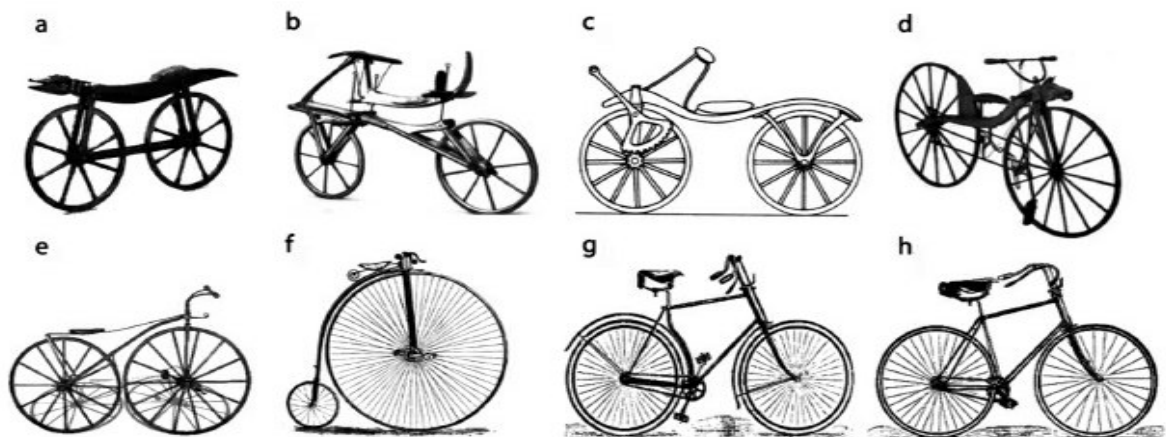


Figura 1. La evolución de la bicicleta en el siglo XIX. a, célérifère, b, draisiana, c, modelo de Gompertz, d, modelo de MacMillan, e, boneshaker, f, high wheeler, g, rover y h, safety PTS.

Figura 1. La evolución de la bicicleta en el siglo XIX. (P. Soriano. 2015)

Finalmente, hacia 1880 surgió un diseño denominado "máquina segura" o "baja", que incorporaba ruedas de igual tamaño y un sistema de transmisión más eficiente.

Conocido con el nombre de Rover (figura 1g), introduciendo como principal novedad la transmisión por cadena a la rueda trasera. Los pedales estaban unidos a una rueda dentada, conectados a través de un engranaje que permite mover la rueda trasera. Este avance mecánico fue fundamental para el ciclismo tal como lo conocemos hoy. Sin embargo, este modelo tenía una serie de aspectos negativos como un mayor peso y la vibración provocada por la utilización de neumáticos macizos; así, se le fueron añadiendo una serie de sistemas de suspensión en el sillín e incluso en el cuadro.

En 1888, aparece el modelo pneumatic-tyred safety o safety PTS (figura 1h) la principal novedad fue la introducción de neumáticos de goma huecos rellenos de aire comprimido, inventados por James Boyd Dunlop. Este hecho constituyó un gran avance, ya que este tipo de ruedas absorben mucho mejor la vibración producida por las irregularidades del terreno que el modelo anterior.

A partir de este momento, los cambios en el diseño se debieron principalmente a variaciones en la forma o en los materiales para que hiciesen la bicicleta más ligera y nuevos diseños en algunos de sus componentes (ruedas, platos, manillares...), de forma que no se volverían a producir importantes cambios en el diseño de la bicicleta hasta pasados tres cuartos de siglo.



Figura 2. Bicicleta de carretera (a), bicicleta de montaña (b) y bicicleta híbrida (c).

Figura 2. Bicicletas actuales (P. Soriano. 2015).

Hacia 1960 se produce un nuevo boom en el mundo de la bicicleta, motivado principalmente por la incipiente conciencia sobre el valor del ejercicio y la ventaja de un medio de transporte energéticamente eficiente y comprometido con el medio ambiente. Así, aparecen modelos muy similares a las bicicletas actuales de carretera (figura 2a),

con un diseño de manillar que permitía el pedaleo en diferentes posiciones, neumáticos más estrechos, cambio de velocidades y un sillín más estrecho. Las bicicletas de montaña (figura 2b) aparecieron a finales de la década de 1980, contando como principales características un cuadro más pesado y resistente, ruedas más anchas, suspensión y manillares que permiten el pedaleo en una posición vertical. En los últimos años ha aparecido un nuevo modelo de bicicleta, la bicicleta híbrida (figura 2c), como respuesta a las demandas de los consumidores, muchos de ellos descontentos tanto con la fragilidad y la incomodidad de las bicicletas de carretera como con las pesadas bicicletas de montaña. (4) (7)

III.b El ciclismo de ruta

El CDR supone una confrontación directa entre dos o más equipos, que consiste en una disputa de la posición para conseguir la llegada a la meta en mejores condiciones, o por el contrario, obstaculizar el trabajo de llegada. Para poder realizar las diferentes acciones que se desarrollan en este deporte, hay una necesidad de habilidad motriz específica o técnica y habilidades lógicas basadas en los mecanismos de percepción, decisión y ejecución, que confieren una eficiencia o capacidad de los ciclistas para adaptarse y resolver problemas específicos de la carrera (7).

En el ciclismo de alto rendimiento el deportista se especializa con el objetivo de competir y ganar, en el cual efectúa un proceso de preparación progresiva y detallada, con la única finalidad de llegar al éxito deportivo en la competencia (12).

El CDR requiere de carreteras pavimentadas para ser practicado, las cuales, en los inicios de la actividad deportiva, deberían ser poco transitadas por vehículos que pongan en peligro la integridad física. Pero existen otros escenarios valiosos al momento de iniciar la práctica ciclista, como son canchas de polideportivos, pistas planas o espacios planos con diversas superficies como cemento, pavimento, baldosín, e incluso grama en terrenos llanos.

III.c Bicicleta de ruta

Las bicicletas de ruta son generalmente rápidas, rígidas y aerodinámicas, para posibilitar que el ciclista traslade la potencia de manera eficiente, pero a su vez para mantener la comodidad durante varias horas de conducción. (1)

La bicicleta de competición, principalmente se compone por un cuadro y ruedas grandes y es ligera por sus componentes. El ángulo de su cuadro y sus ruedas estrechas, la hace tener un control mejor y rápido, pero más brusco que el resto de las bicicletas. El manillar tiene diferentes diseños para que el ciclista adopte una posición más aerodinámica (4)



Figura 3 Bicicleta de ruta.(P. Soriano. 2015)

III.c.1 Anatomía de la bicicleta

III.c.1.a El cuadro

Uno de los elementos clave de estas bicicletas es el cuadro, que constituye la estructura principal. Fabricado generalmente en aluminio, fibra de carbono o en algunos casos en titanio o acero de alta gama.

El cuadro puede considerarse como dos triángulos: el triángulo delantero consta del tubo superior, el tubo del sillín y el tubo inferior. La vaina horizontal, la vaina oblicua y el tubo del sillín componen el triángulo trasero. El manejo y la maniobrabilidad se ven afectados por los ángulos dentro de cada uno de estos triángulos. Las bicicletas de carreras tienen una geometría más erguida, con ángulos más grandes para una mayor maniobrabilidad. Las bicicletas de paseo tienen una geometría más plana, con ángulos mucho menos pronunciados para un manejo más fácil y comodidad. Por el contrario, las bicicletas de montaña, diseñadas para la maniobrabilidad y la estabilidad, tienen una geometría que proporciona un centro de gravedad más bajo, lo que resulta en ángulos mucho más pequeños en el cuadro. Por otra parte, la bicicleta de ruta en su estructura, presenta ángulos pronunciados y una configuración compacta o semi-compacta que permite al ciclista adoptar una postura baja y aerodinámica. Esto reduce la resistencia al viento y mejora la eficiencia general, especialmente en recorridos llanos o con viento en contra.

El tamaño del cuadro se determina por la longitud del tubo del sillín en centímetros, medida desde el centro del pedalier hasta el centro del tubo superior o desde la parte superior del pedalier hasta la parte superior del tubo superior. La longitud del tubo superior afecta el alcance del ciclista y es una medida importante para un ajuste adecuado del cuadro. La medida del "tubo superior virtual" es la suma del tubo superior más la longitud de la potencia, lo que equivale al alcance total. Las bicicletas de paseo permiten una conducción erguida, mientras que las bicicletas de carreras y de montaña se centran en la necesidad de una conducción más aerodinámica; por lo tanto, el ciclista está más flexionado. (13)

III.c.1.b Las ruedas

Son de gran diámetro (700C es el estándar en la mayoría de los modelos) y están montadas con cubiertas estrechas (entre 23 y 28 mm de ancho, aunque en los últimos años se ha adoptado el uso de neumáticos de hasta 32 mm para mayor comodidad sin

sacrificar rendimiento). Estas cubiertas, al tener menor superficie de contacto con el suelo, generan menos fricción, lo que se traduce en una rodadura más rápida. Además, muchas ruedas de gama alta están fabricadas con llantas de carbono y radios aerodinámicos que reducen el peso rotacional y mejoran el comportamiento dinámico de la bicicleta.

III.c.1.c Sistema de dirección

Está optimizado para ofrecer una respuesta rápida y precisa. Esto se debe tanto a la geometría del cuadro (especialmente al ángulo de dirección y el rake de la horquilla) como a la rigidez estructural de la horquilla delantera. Si bien esto permite una conducción muy reactiva en curvas y descensos, también implica que las bicicletas de ruta pueden ser menos estables o cómodas para principiantes o en superficies irregulares.

III.c.1.d Manillar

Otro aspecto crucial es el manillar, que en la mayoría de los casos es de tipo drop bar. Este diseño permite múltiples posiciones para las manos, lo cual es esencial para el confort en largas distancias, y facilita una postura aerodinámica al tomar la parte baja del manillar (drops). Existen diferentes formas y profundidades de manillares, que se eligen en función de la anatomía del ciclista y el tipo de uso (competitivo, gran fondo, escalada, etc.). Además, los manillares de gama alta suelen estar contruidos en fibra de carbono, lo que reduce el peso y ayuda a amortiguar las vibraciones del terreno.

III.c.1.e Transmisión:

En cuanto a la transmisión, las bicicletas de ruta incorporan grupos de cambio de alta precisión, que pueden ser mecánicos o electrónicos. La mayoría de los modelos modernos ofrecen sistemas de 2 platos adelante y entre 10 y 12 piñones atrás, lo que proporciona una amplia gama de desarrollos. Esto permite al ciclista mantener una cadencia óptima tanto en terreno llano como en subidas pronunciadas. En competición, los desarrollos están orientados a mantener una alta velocidad y eficiencia, mientras que en bicicletas de gran fondo o endurance, se priorizan combinaciones más suaves para preservar la energía del ciclista durante recorridos prolongados.

III.c.1.f Frenos:

Por último, el sistema de frenado ha evolucionado en los últimos años. Si bien los frenos de llanta (caliperbrakes) eran el estándar tradicional por su bajo peso, los frenos de disco hidráulicos se han impuesto en gran parte del mercado por su potencia de frenado superior, modulación más precisa y mejor comportamiento en condiciones adversas como lluvia o descensos prolongados.

III.d Biomecánica del ciclismo.

El ciclismo es una actividad que requiere movimientos sincronizados de múltiples articulaciones en cadena cinética cerrada con el objetivo de generar propulsión mediante el uso de fuerzas producidas principalmente por los músculos de la región lumbopélvica y miembros inferiores. El rendimiento de los ciclistas depende de las fuerzas aplicadas, del entrenamiento específico y del uso de bicicletas más ligeras y con geometría más aerodinámica. Comprender la biomecánica del ciclismo puede ayudar a eliminar los factores etiológicos de las lesiones por esfuerzo repetitivo que resultan del deporte. (14)

III.d.1 Posición del ciclista.

La postura básica en el ciclismo consta del ciclista sentado sobre el sillín, centrando el peso sobre el mismo; las manos apoyadas sobre el manubrio, bien sea junto a la tija o caña de dirección en posición básica alta, o tomado de los manillares en posición básica media; los codos semiflexionados y separados al ancho de los hombros; la espalda relajada y con una curvatura normal a nivel dorsal; la cabeza hace continuidad con la línea de la columna vertebral. El ángulo entre el fémur y tronco debe ser de 75 grados en el momento más alto de la pedalada; se debe cuidar que las rodillas nunca alcancen la hiper-extensión. La mirada al frente y la altura del manubrio siempre estará por debajo de la del sillín entre 5 y 10 centímetros promedio, en dependencia de la antropometría del corredor. (7). No obstante, aunque se pueda adoptar una postura considerada "óptima", el ciclismo sitúa especialmente a la parte superior del cuerpo en una posición poco natural. (15). Cabe destacar que los diferentes ajustes específicos de la bicicleta, que también influyen en la postura y en el DL en ciclistas de ruta, serán tratados en apartados posteriores.

III.d.2 Técnica de pedaleo.

El pedaleo es una acción motriz cíclica y repetitiva, que consiste en aplicar fuerza sobre los pedales para generar el movimiento de la bicicleta. Esta acción implica la participación coordinada de distintos segmentos corporales muslo, pierna y pie, y de sus respectivas articulaciones: coxofemoral, rodilla y tobillo. A lo largo de un ciclo completo de 360°, es posible identificar cuatro fases diferenciadas en función de la orientación de la biela y de los movimientos articulares involucrados.

III.d.3 Fases del pedaleo.

Fase I (20° a 145°): fase de extensión o empuje

Corresponde al momento principal de generación de potencia, donde se realiza el empuje hacia abajo del pedal. En esta fase se produce una extensión simultánea de la cadera, la rodilla y el tobillo. El muslo se extiende en un rango aproximado de 44°, la pierna se estira 70°, y el pie se extiende unos 30° respecto a la pierna, aunque mantiene una orientación relativamente estable (45° respecto a la horizontal).

Los grupos musculares implicados son principalmente los extensores potentes del miembro inferior: glúteo mayor, isquiotibiales y tensor de la fascia lata para la cadera; cuádriceps (vasto externo y crural) para la rodilla; y tríceps sural (sobre todo el gastrocnemio y el sóleo), junto a los músculos retromaleolares interno y externo, para el tobillo. En esta fase no se observa una participación significativa de los músculos intrínsecos del pie.

Fase II (145° a 215°): fase de transición

Esta fase marca el cambio entre la extensión y la flexión del miembro inferior. Se incluye en ella uno de los llamados "puntos muertos" del pedaleo, en los cuales la fuerza aplicada tiene menor eficiencia mecánica. Por su complejidad, puede dividirse en dos momentos:

- De 145° a 180°: el movimiento continúa con una ligera extensión del tobillo (unos 15°), fundamentalmente gracias a la acción del músculo sóleo. Al tratarse

de un músculo monoarticular, su función no se ve afectada por la posición de la rodilla, a diferencia de los gemelos, cuya eficiencia depende de la extensión de la misma. Esto puede generar una sobrecarga del sóleo en situaciones de alta demanda.

- De 180° a 215°: se inicia la fase de flexión activa. La pierna y la rodilla comienzan a cerrarse, mientras que el muslo se aproxima levemente a la horizontal. Es una etapa clave de preparación para la fase de recuperación.

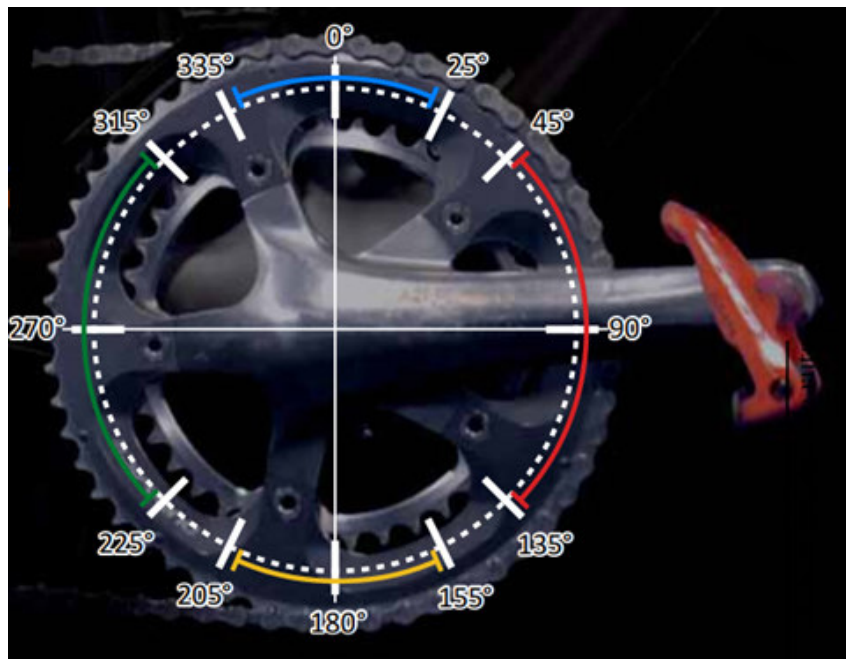


Figura 4. Aplicación de fuerza sobre los pedales. (Saldarriaga L. 2008)

Fase III (215° a 325°): fase de recuperación o tracción

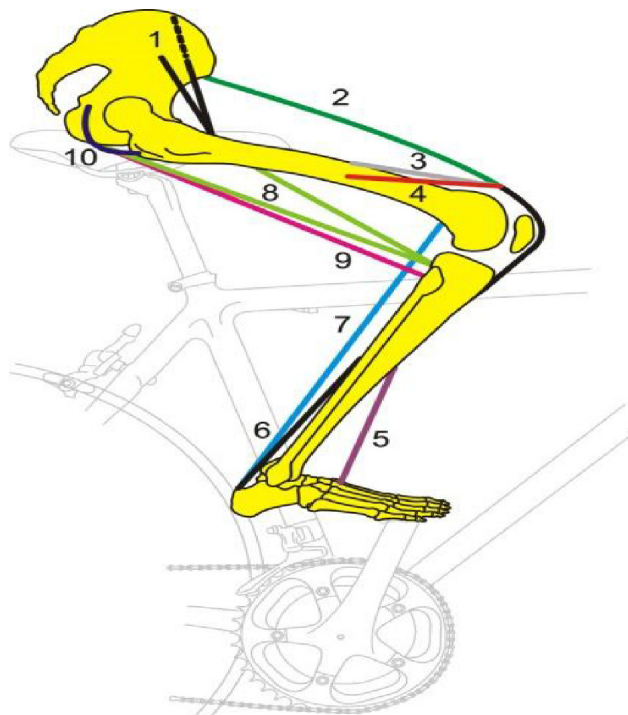
Es la fase complementaria a la de empuje. Durante este segmento, el pedal asciende, y el movimiento requiere una flexión coordinada de tobillo, rodilla y cadera. A nivel muscular, intervienen grupos menos potentes que en la fase anterior, debiendo trabajar contra la gravedad.

La cadera se flexiona unos 35°, la rodilla unos 55°, y el tobillo se cierra aproximadamente 15°. Participan músculos como el psoas-ilíaco, recto anterior y sartorio (flexores de cadera); la pata de ganso, poplíteo y bíceps femoral (flexores de rodilla); y tibial anterior, extensor común de los dedos y extensor propio del dedo gordo

(flexores dorsales del tobillo). También colaboran los músculos intrínsecos del pie, que contribuyen ligeramente a la elevación del antepié y a la acción del calapié.

Fase IV (325° a 20°): fase de pre-extensión

Esta fase se caracteriza por una rápida modificación en la posición del tobillo, que pasa de una extensión a una flexión marcada (de unos 140° a 105° aproximadamente). Aunque el rango de movimiento del tobillo es considerable, los cambios en la rodilla y la cadera son mínimos. Esta fase actúa como transición hacia el nuevo ciclo de empuje, preparando al miembro inferior para reiniciar la generación de potencia(12).



(1) ileopsoas, (2) recto femoral, (3) vasto medial y (4) vasto lateral, (5) tibial anterior, (6) sóleo, (7) gastrocnemio, (8) bíceps femoral, (9) semitendinoso y (10) glúteo mayor.

Figura 5. Principales músculos implicados al pedalear. Ayala.T. 2010

III.d.4 La cadencia de pedaleo

La cadencia o frecuencia de pedaleo es el número de vueltas que da el pedal por minuto. Se conoce que la cadencia de pedaleo óptima varía de forma lineal con la resistencia, de

forma que la cadencia más económica tiende a incrementar a medida que lo hace la resistencia (y, por tanto, la potencia que debe producirse para vencerla).

La cadencia de pedaleo influye en la aparición de la fatiga neuromuscular, además de tener efecto en el tipo de fibras musculares que se reclutan. Por ejemplo, al aumentar la cadencia de pedaleo de 50 a 100 rpm, se reclutan una menor cantidad de fibras rápidas (tipo II) en comparación con las fibras lentas (tipo I). Este reclutamiento se produce como respuesta a la reducida fuerza necesaria por revolución en cadencias más altas para una potencia dada. En consecuencia, una cadencia de 100 rpm no es demasiado elevada para que las fibras lentas contribuyan de forma efectiva a mantener la velocidad, de forma que mientras no se alcance una velocidad máxima, el ciclista minimizará el reclutamiento de fibras rápidas manteniendo una elevada cadencia con una baja resistencia, con menos dependencia de las fibras rápidas, evitando así la aparición prematura de la acidosis (4).

III.f La columna vertebral

Está constituida por piezas óseas superpuestas, las vértebras, cuyo número es de 33 a 34. La columna comprende 4 porciones que, de arriba hacia abajo, son: cervical, torácica, lumbar y pelviana. Existen:

- 7 vértebras cervicales.
- 12 vértebras torácicas.
- 5 vértebras lumbares.
- 9 (o 10) vértebras pelvianas soldadas entre sí para formar 2 piezas óseas distintas: el sacro y el cóccix.

Considerando en conjunto, la columna vertebral es rectilínea, en una visión de frente o de espaldas. En cambio, en el plano sagital, la columna presenta cuatro curvas fisiológicas, que son:

La primera, cervical, es convexa hacia adelante (lordosis cervical); la segunda, torácica, es convexa hacia atrás (cifosis torácica); la tercera, lumbar, es convexa hacia adelante (lordosis lumbar), y la cuarta, sacra, es convexa hacia atrás (cifosis sacra). Sólo esta última curvatura es fija. Las otras tres se modifican con los movimientos de flexión o de extensión. Estas curvaturas existen en el esqueleto articulado. Dependen, por una parte, de la forma de los cuerpos vertebrales, pero también interviene la forma de los discos

intervertebrales; es así que, en la unión lumbosacra, por ejemplo, donde la concavidad sacra continua la lordosis lumbar (convexidad anterior). El ángulo intervertebral abierto hacia adelante está ocupado por un disco muy alto adelante y mucho más delgado hacia atrás.

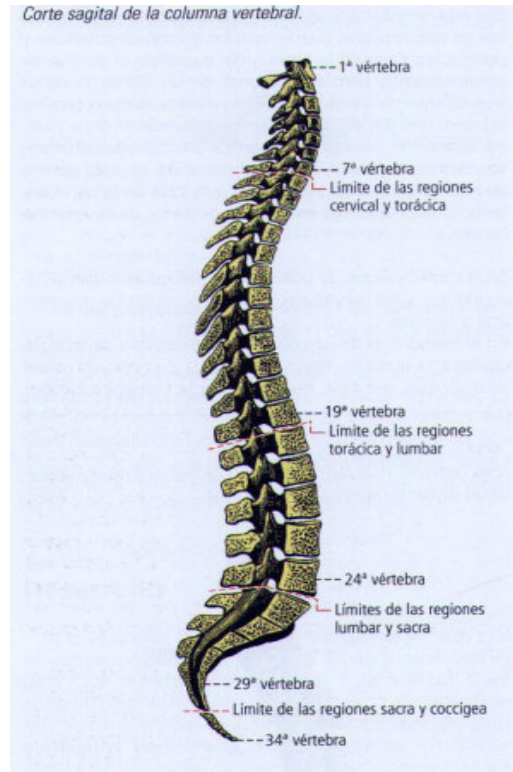


Figura 6. Columna vertebral. (Latarjet.M. 2019)

III.f.1 El raquis lumbar

Reposa sobre el zócalo de la pelvis, articulándose con el sacro. a su vez soporta el raquis torácico, al que están asociados el tórax y la cintura escapular.

Tras el raquis cervical, el raquis lumbar es el más móvil del conjunto del raquis, y como se trata del más cargado por el peso del tronco, es el que plantea más problemas en lo que a patología se refiere.

III.f.1.a Vértebras lumbares

Estas vértebras son sólidas y móviles al mismo tiempo.

-Cuerpo: es muy voluminoso. Su diámetro transversal es mayor que el antero posterior.

-Pedículos: emergen de los ángulos posterosuperiores del cuerpo y se dirigen de adelante hacia atrás. Cortos y horizontales, su escotadura inferior es mucho más marcada que la superior.

-Láminas: gruesas y cuadriláteras. más altas que anchas. son oblicuas de arriba hacia abajo y de adelante hacia atrás. Por su ángulo superolateral se unen al pedículo y a la apófisis articular superior; en su ángulo inferior y lateral se implanta la apófisis articular inferior.

-Apófisis espinosa: cuadrilátera y robusta. Se dirige en sentido horizontal hacia atrás; sus caras laterales son sagitales y rugosas. El borde posterior, más espeso y rugoso. Tiene en su parte inferior un tubérculo que representa el vértice de la apófisis.

-Apófisis transversas: también llamadas apófisis costales (costiformes) a causa de su forma, son abultadas y transversales, y se desprenden a la mitad de la altura del pedículo.

-Apófisis articulares: se distinguen las superiores, excavadas. situadas por detrás y por encima de la apófisis costal. orientadas hacia atrás y medialmente; las inferiores, cilindroides, convexas, orientadas en sentido lateral y ligeramente hacia adelante. Estas superficies articulares están enmarcadas por un rodete óseo prominente.

-Foramen vertebral: triangular, de lados iguales, es relativamente pequeño pues, a partir de la segunda vértebra lumbar, sólo contiene las raíces espinales inferiores y sus envolturas.

En las vértebras lumbares también se describen:

- Las apófisis mamilares, una de cada lado, situadas inmediatamente laterales a la raíz de la apófisis articular superior.

- Las apófisis accesorias, inconstantes. que se hallan detrás de la raíz de cada una de las apófisis transversas (16).

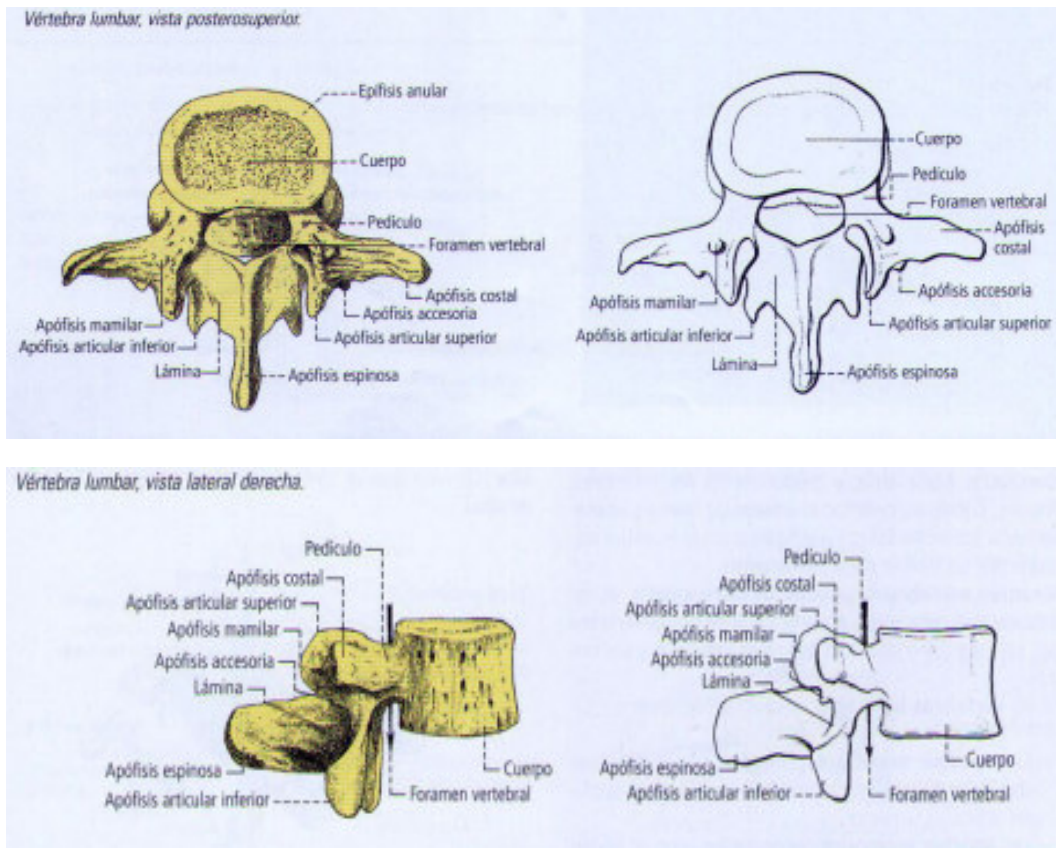


Figura 7. Vértebra lumbar. (Latarjet.M. 2019)

III.f.1.b Elementos de la unión vertebral

Numerosos elementos ligamentosos garantizan la unión entre las distintas piezas vertebrales. En un corte horizontal (Figura 8) pueden distinguirse los elementos fibrosos y ligamentosos:

En primer lugar, los anexos al pilar anterior:

- El ligamento longitudinal anterior (1), que se extiende de la base del cráneo hasta el sacro en la cara anterior de los cuerpos vertebrales;
- El ligamento longitudinal posterior (2), que, en la cara posterior de los cuerpos vertebrales, se extiende de la apófisis basilar del occipital hasta el canal sacro. Entre estos dos ligamentos de gran extensión, en cada nivel, la unión queda garantizada por el disco intervertebral, que consta de dos partes, una periférica,

el anillo fibroso, constituido por capas fibrosas concéntricas (6) y (7), y otra central, el núcleo pulpos (8).

Numerosos ligamentos anexos al arco posterior garantizan la unión entre dos arcos vertebrales adyacentes:

- El ligamento amarillo (3), muy denso y resistente, que se une a su homólogo en la línea media y se inserta, por arriba en la cara profunda de la lámina vertebral de la vértebra suprayacente y, por abajo en el borde superior de la lámina vertebral de la vértebra subyacente.
- El ligamento interespinoso (4), que se prolonga por detrás mediante el ligamento supraespinoso (5). Este ligamento supraespinoso está poco individualizado en la porción lumbar; en cambio, es muy nítido en el tramo cervical;
- En el extremo de cada apófisis transversa se inserta, a cada lado, el ligamento intertransverso (10);
- Por último, en las articulaciones cigapofisarias, existen potentes ligamentos capsulares (9) que refuerzan la cápsula de estas articulaciones: el ligamento anterior y el ligamento posterior. El conjunto de estos ligamentos garantiza una unión extremadamente sólida entre las vértebras, a la par que le confiere al raquis una gran resistencia mecánica. Sólo un traumatismo grave, como una caída desde gran altura o un accidente de tráfico, podría romper estas uniones intervertebrales.

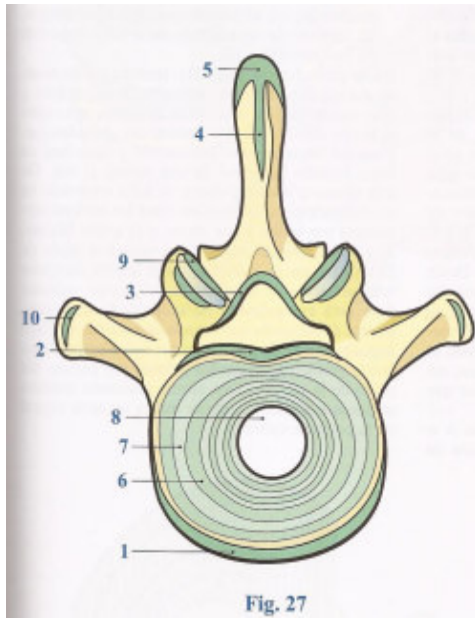


Figura 8. Elementos de unión vertebral. (Kapandji 2012).

III.f.1.c Movimientos de la columna vertebral.

La columna vertebral puede realizar cinco movimientos:

- A. Flexión.
- B. Extensión.
- C. Inclínación lateral.
- D. Rotación.
- E. Circunducción.

Se analizarán los movimientos de flexión y extensión luego de explicar la estructura y el funcionamiento de los discos intervertebrales, para describir el comportamiento de la CL y sus estructuras.

III.f.1.d Disco intervertebral, estructura y función.

Los discos intervertebrales, conforman la principal articulación entre los cuerpos vertebrales, es una anfiartrosis.

Su altura es variable: mínima entre la 3ª y la 7ª torácica, aumenta algo hacia la columna cervical; aumenta por debajo de la 7ª torácica, para adquirir el máximo nivel en las lumbares. El espesor es mayor en la parte anterior de las porciones cervical y lumbar, donde la columna describe una curva de convexidad anterior; en la columna torácica es más elevado atrás, donde la columna describe una curva de concavidad anterior. Pero las curvaturas de la columna no se deben sólo al espesor de los discos, también participa la forma de las vértebras

Constituida por las dos mesetas de las vértebras adyacentes unidas entre sí por el disco. La estructura del mismo es muy característica, consta de dos partes:

- Una parte central, el núcleo pulposo: se trata de una gelatina transparente, compuesta por un 88% de agua y por tanto muy hidrófila, y formada químicamente por una sustancia fundamental a base de mucopolisacáridos. Se ha identificado en ella sulfato de condroitina mezclado con proteínas, cierto tipo de ácido hialurónico y querato-sulfato. Desde el punto de vista histológico, el núcleo pulposo contiene fibras colágenas y células de aspecto condrocitario, células conjuntivas y raras aglomeraciones de células cartilaginosas.

Tiene una función importante en los movimientos de la columna: se alarga o se concentra sobre sí mismo. Puede desplazarse hacia adelante o hacia atrás en la medida en que lo permite la elasticidad de la parte fibrosa del disco.

- Una porción periférica, dura y elástica, forma una especie de anillo adaptado a las superficies el anillo fibroso: conformado por una sucesión de capas fibrosas concéntricas, cuya oblicuidad está cruzada cuando se pasa de una capa a la contigua. Las fibras que forman una laminilla tienen todas la misma dirección: verticales, para la flexión y la extensión, transversales, para el movimiento de rotación, y oblicuas para los movimientos complejos de la columna vertebral. Existe una relación entre la inclinación de las fibras y su longitud: ésta es tanto mayor cuanto más extensos son los movimientos.

De este modo, el núcleo pulposo se halla encerrado en un compartimento inextensible entre las mesetas vertebrales por arriba y por abajo, y el anillo fibroso.

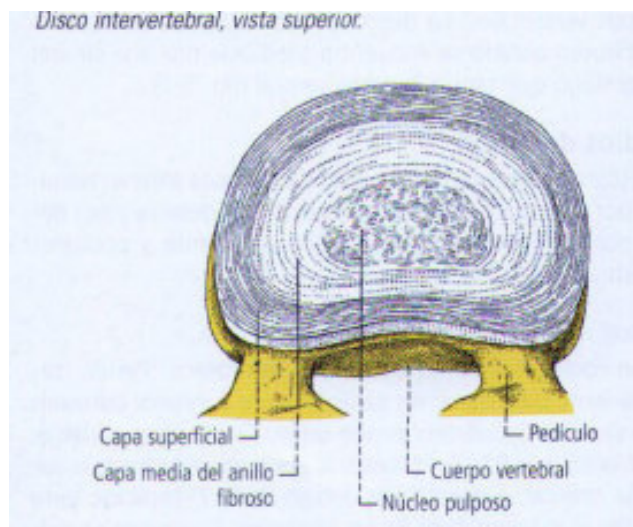


Figura 9. Vista superior de disco intervertebral. (Latarjet.M. 2019)

El grosor del disco no es el mismo en todos los niveles raquídeos: en el raquis lumbar donde el disco es más grueso puesto que mide 9 mm de altura; Pero mucho más importante que su altura absoluta es la noción de proporción de disco en relación a la altura del cuerpo vertebral. De hecho, esta proporción da perfecta idea de la movilidad del segmento raquídeo, ya que se constata que cuanto más grande es más importante es su movilidad.

En orden decreciente se puede constatar que: el raquis cervical es el más móvil puesto que posee una relación disco-corpórea de $2/5$; a continuación, está el raquis lumbar un poco menos móvil que el cervical y que posee una relación disco-corpórea de $1/3$.

Las fuerzas de compresión sobre el disco son más importantes a medida que se aproximan al sacro. Esto es comprensible dado que el peso del cuerpo que se soporta aumenta con la altura suprayacente. (17)

III.f.1.e Músculos erectores de la columna

Se describen aquí los músculos posteriores, que aseguran la extensión, que participan en la rotación e inclinación lateral de la columna vertebral. Estos músculos están ubicados en contacto inmediato con las vértebras, en los surcos vertebrales situados entre las apófisis espinosas y transversas.

Los dos surcos vertebrales están ocupados por cuatro masas musculares: el músculo iliocostal, el músculo longísimo torácico, el músculo espinoso torácico y el transversoespinoso. Los tres primeros son más superficiales y el cuarto es profundo. Están aislados y bastante bien individualizados en la región torácica; se confunden en la región lumbar en una masa muscular común, denominada erectores de la columna.

Con estos músculos se puede agrupar a los músculos intertransversos e interespinosos, situados en contacto con las vértebras.

Se originan abajo, sobre los relieves óseos próximos a la región lumbosacra, inmediatamente lateral a las apófisis espinosas lumbares y a la cresta sacra mediana, así como en la espina ilíaca posterosuperior, en el tercio posterior de la cresta ilíaca y en el ligamento sacrotuberoso. Se pueden distinguir un plano superficial aponeurótico y un plano profundo carnoso. El conjunto es muy voluminoso, muy potente y oculta el esqueleto subyacente. La masa muscularse dirige verticalmente para dividirse a la altura de la interlínea T12-L1.

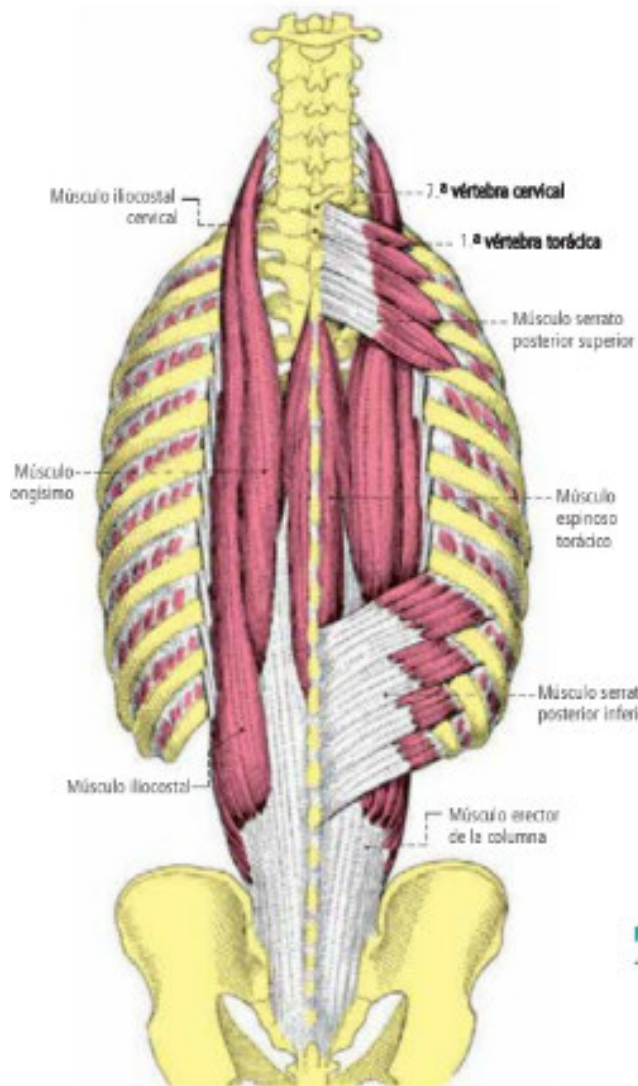


Fig. 6-1. Músculos serratos posteriores y músculos espinales

Figura 10. Músculos propios del dorso, (Latarjet.M. 2019)

Multífidos y rotadores

Están constituidos por una serie de fascículos musculares, dirigidos oblicuamente hacia arriba y medialmente. Su inserción fija se efectúa sobre una apófisis transversa y la inserción móvil sobre las láminas y las apófisis espinosas de las cuatro o cinco vértebras suprayacentes. (16)

III.f.1.f Complejo CORE

El core hace alusión al complejo muscular localizado en la porción central del cuerpo, también llamada región lumbopélvica, que incluye 29 músculos que estabilizan la columna vertebral y la región abdominal y abarca músculos del abdomen, espalda, parte

posterior y anterior de la cadera, piso pélvico y diafragma. La acción combinada de estas estructuras permite un adecuado control de la estabilización corporal y de la realización de tareas que producen los miembros superiores e inferiores, de manera combinada o secuencial.

Un núcleo sólido y firme puede mejorar la eficiencia neuromuscular en toda la cadena cinética, facilitando el control postural dinámico. Se encuentra una conexión entre la estabilidad de la base y el rendimiento deportivo, ya que los deportistas que poseen niveles más elevados de estabilidad de la base también pueden ser menos susceptibles a sufrir lesiones (12)

III.f.1.g Movimiento de flexión.

Durante la flexión se asiste a los siguientes desplazamientos entre dos vértebras vecinas:

- Separación de las apófisis espinosas; aplastamiento del disco intervertebral en su parte anterior y deslizamiento de las apófisis articulares entre sí. El centro del movimiento se ubica en las apófisis articulares inferiores. Durante el movimiento de flexión, el cuerpo vertebral de la vértebra suprayacente se inclina y se desliza ligeramente hacia adelante, lo que disminuye el grosor del disco en su parte anterior y lo aumenta en su parte posterior. De este modo el disco intervertebral toma forma de cuña de base posterior y el núcleo pulposo se ve desplazado hacia atrás, así pues su presión aumenta en sus fibras posteriores del anillo fibroso; simultáneamente las apófisis articulares superiores de la vértebra inferior, la capsula y los ligamentos de esta articulación cigapofisaria están tensos al máximo, al igual que todos los ligamentos del arco posterior: el ligamento amarillo, el interespinoso, el supraespinoso y el longitudinal posterior. Ésta puesta en tensión, en definitiva, limita el movimiento de flexión.

III.f.1.h Movimiento de extensión.

En la extensión, los desplazamientos se suceden en sentido inverso a la flexión. El cuerpo vertebral de la vértebra suprayacente se inclina hacia atrás. Al mismo tiempo, el disco intervertebral se hace más delgado en su parte posterior y se ensancha en su parte anterior, tornándose cuneiforme de base anterior. El núcleo pulposo se ve desplazado hacia adelante, lo que tensa las fibras posteriores del anillo fibroso, a la par, el ligamento longitudinal anterior se tensa. En cambio, el ligamento longitudinal posterior se distiende, constatando simultáneamente que las apófisis articulares inferiores de las vértebras inferiores, mientras que las apófisis espinosas contactan entre sí. El movimiento de extensión queda limitado por los topes óseos del arco posterior y por la puesta en tensión del ligamento longitudinal anterior. (16)

III.h Dolor lumbar en ciclistas.

La disciplina del ciclismo está asociada a diversos tipos de lesiones, las cuales pueden deberse a una planificación y programación inadecuadas del entrenamiento, así como por la repetición constante del gesto deportivo, que puede generar alteraciones estructurales y biomecánicas en el organismo (12).

Diversos estudios epidemiológicos han identificado que el DL afecta entre un 30% a 60% de los ciclistas presentando una de las quejas más comunes entre las disfunciones musculoesqueléticas asociadas a esta disciplina (18). Se define como una incomodidad percibida entre la duodécima costilla y los pliegues inferiores de la región de los glúteos con o sin dolor en las piernas (15).

Durante el ciclismo se utilizan diversas posiciones para lograr una aerodinámica adecuada para aumentar la velocidad y la eficiencia, incluida la flexión de la CL, la posición del tronco en flexión constante, necesaria para apoyar las manos en el manillar, modifica la morfología de la CL, invirtiendo su curvatura natural. Esta flexión se acentúa cuando el manillar se encuentra en una posición baja y alejada, especialmente en posturas orientadas a mejorar la aerodinámica (19).

Esta postura incrementa la tensión del complejo ligamentario posterior y altera la distribución de cargas sobre los discos intervertebrales. Como resultado, se incrementa la presión sobre el fragmento anterior del disco, mientras que la porción posterior se

distiende. Este mecanismo puede generar lumbalgia, dado que ambas estructuras están inervadas por el nervio sinovertebral, que reconoce esta disfunción biomecánica como un estímulo nociceptivo (18).

Además, la CL de los ciclistas debe absorber no solo las cargas axiales, sino también las fuerzas y momentos de reacción generados por las extremidades inferiores durante el pedaleo. Estas cargas se transmiten a lo largo de la columna toracolumbar mientras el tronco permanece en una postura inclinada y, en ciertas ocasiones, rotada, lo que puede incrementar el estrés biomecánico sobre las estructuras vertebrales y musculares (15).

El DL en ciclistas no debe abordarse como un fenómeno aislado, sino como el resultado de una compleja interacción entre factores intrínsecos relacionados con el individuo y factores extrínsecos vinculados al entorno o al equipamiento deportivo. A continuación, se describen los principales elementos que pueden incidir en su aparición y cronificación.

III.h.1 Factores intrínsecos.

Existen diversos factores intrínsecos que predisponen el DL en ciclistas, incluyendo la deformación mecánica (una deformación o distensión de los ligamentos que se produce con una carga constante), la isquemia discal, la fatiga muscular y la hiperactivación de los extensores de la espalda. Otro mecanismo es el fenómeno de flexión-relajación, en el cual la desactivación de los músculos erectores de la columna o multífidos con la columna flexionada provoca que la carga del cuerpo vertebral se desplace hacia las estructuras pasivas de la columna, aumentando así el riesgo para los ligamentos y los discos intervertebrales (19)

III.h.1.a Flexión-relajación.

El fenómeno de flexión-relajación (FR) se caracteriza por un silencio mioeléctrico, es decir, una desactivación de los músculos erectores espinales al final del rango de flexión de la columna. Esta respuesta fisiológica implica que, cuando disminuye la actividad muscular, la carga se transfiere a estructuras pasivas como los ligamentos y los discos intervertebrales, aumentando así el riesgo de lesiones. Aunque los ligamentos intervertebrales proporcionan una estabilización primaria al limitar los movimientos de

flexión entre vértebras adyacentes, la musculatura intrínseca y extrínseca de la CL cumple una función esencial en la estabilización secundaria del segmento vertebral.

En el contexto del ciclismo, la hipótesis de FR sugiere que la postura prolongada en flexión sostenida durante la actividad provoca la desactivación de los erectores espinales y/o los multifidos. Esta relajación muscular favorece una mayor transferencia de carga hacia las estructuras pasivas, lo que incrementa la probabilidad de lesiones, de manera similar a lo que ocurre al levantar objetos con una musculatura insuficientemente activada. Este mecanismo se ha propuesto como una posible causa del desarrollo de DL en ciclistas. (18) (15)

III.h.1.b Influencia del déficit de flexibilidad en el dolor lumbar.

La flexibilidad se define como la capacidad de una articulación para lograr todo el rango de movimiento anatómicamente preestablecido. Las estructuras que pueden limitar el rango de movimiento son las estructuras óseas adyacentes a la articulación, los ligamentos, la cápsula articular y los músculos. La causa más común del déficit de flexibilidad es el acortamiento muscular, una alteración musculotendinosa que puede revertirse realizando estiramientos musculares informa que los déficits de flexibilidad están asociados con un aumento de las lesiones relacionadas con la tensión muscular, ya que una disminución en el rango de movimiento en una articulación requiere compensación en otra. En otras palabras, si una articulación no tiene un rango de movimiento satisfactorio para la postura a adoptar, otros segmentos del cuerpo se verán obligados a aumentar el rango de movimiento como mecanismo compensatorio, aumentando en consecuencia la tensión de la estructura musculoesquelética involucrada.

El ciclismo es un deporte que implica movimientos repetitivos sostenidos durante largos periodos. Esta característica del deporte asociada al rango de movimiento articular que no permite a los músculos biarticulares retornar a la longitud muscular típica de la posición anatómica sumado al descuido de las prácticas de estiramiento por parte de los ciclistas, favorece el acortamiento de los mismos. El acortamiento muscular también contribuye a los cambios posturales, como la antroversión o retroversión pélvica. Se necesitan estudios que indiquen la frecuencia de realización de ejercicios de

estiramiento muscular en ciclistas, con y sin antecedentes de lesiones, con el objetivo de reducir el dolor. (18)

III.h.1.c Hipótesis de la isquemia discal.

Se cree que el movimiento de la columna vertebral ayuda a la transferencia de líquido dentro y fuera del disco. La posición estática estirada en la que permanece la CL durante el ciclismo Puede reducir el mecanismo normal de entrada de nutrientes al disco y la salida de desechos metabólicos, lo que provoca dolor isquémico. La carga cíclica intermitente del disco puede favorecer la entrada y salida de líquidos, reduciendo así el dolor.

III.h.1.d Fatiga muscular.

La hipótesis de la fatiga muscular sostiene que la desactivación de los extensores espinales durante el pedaleo es más bien un signo de fatiga que una respuesta normal del fenómeno flexión-relajación .En el ciclismo, el alto volumen e intensidad del entrenamiento generan fatiga, lo que provoca cambios en la forma en que se mueve tanto el tronco como el tren inferior, encargados de impulsar la bicicleta.

Estos cambios afectan cómo y con cuánta fuerza se empuja el pedal, lo que puede traducirse en menor rendimiento y mayor riesgo de lesiones. Entre las zonas más afectadas está el raquis, ya que es clave para estabilizar el torso. Mantenerlo en una posición flexionada durante mucho tiempo parece ser uno de los factores que más influyen en la aparición del DL. (15)

Se ha observado que un esfuerzo prolongado a intensidad constante cambia la forma en que se mueven la pelvis, la columna y las piernas. Estos cambios no solo aumentan el riesgo de lesión, sino que también comprometen el rendimiento. Por eso, es clave ajustar la posición en la bicicleta teniendo en cuenta cómo responde el cuerpo cuando está fatigado, algo que se acerca más a las exigencias reales de una carrera. Además, un trabajo específico para mejorar la estabilidad del tronco podría ayudar a reducir esos movimientos compensatorios que aparecen con la fatiga, disminuyendo así la posibilidad de lesiones crónicas como el DL (20).

III.h.2 Factores extrínsecos.

Acondicionar una bicicleta para una persona de diferentes alturas no es lo mismo. Esto es así debido a que las características antropométricas de la persona como altura y peso y la potencia que la misma produce al pedalear establecen como será la mecánica del movimiento de pedaleo como aceleraciones, fuerzas y pares, a la cual debe adecuarse el diseño de la bicicleta (Rodrigo, 2018). En concreto, cualquier alteración en el acondicionamiento de la bicicleta puede provocar, a nivel de los ligamentos y de los apoyos, tensiones y dolores anormales que producen diferentes fuentes de inflamación. En consecuencia, las posturas defectuosas sobre la bicicleta, mantenidas durante un largo periodo de tiempo son suficientes para alterar el gesto deportivo normal y generar patologías además de deteriorar la rapidez y eficacia del ciclista. (12)

III.h.2.a Ajustes del sillín

Los ajustes del sillín pueden desempeñar un papel importante en la aparición y/o cronificación del DL en ciclistas. A continuación, se describen los principales parámetros de ajuste del sillín que pueden influir en la biomecánica y en la salud de la columna vertebral.

III.h.2.a.1 Distancia de alcance

La distancia de alcance en el ciclismo se define como la medida entre el centro del tubo o tija del sillín y el centro transversal del manillar. Este parámetro influye directamente en la postura del ciclista y puede estar relacionado con la aparición de DL.

Aunque existen opiniones divergentes sobre la distancia óptima entre el sillín y el manillar, una corriente sostiene que reducir el alcance puede ayudar a prevenir el dolor de espalda, ya que permite al ciclista adoptar una inclinación pélvica posterior. Sin embargo, un alcance excesivamente corto puede inducir una mayor flexión de la CL y una hiperlordosis cervical, debido a la compensación postural frente a la cifosis torácica. Esta alineación espinal forzada puede generar molestias en la zona cervical y lumbar.

La flexión lumbar incrementada también favorece una inclinación posterior de la pelvis, lo cual aumenta la tensión mecánica sobre las estructuras posteriores de la columna vertebral. Por el contrario, un alcance mayor puede permitir una inclinación pélvica

anterior, facilitando una alineación más neutra de la columna y una postura más estable en la parte trasera del sillín.

La distancia de alcance puede ajustarse mediante la modificación de la longitud del vástago, la posición del sillín y la altura del manillar, lo que permite adaptar la bicicleta a las necesidades posturales individuales de cada ciclista.



Figura 11. Dimensiones de la bicicleta (Quesada. j 2024)

III.h.2.a.2 Inclinación del sillín

La inclinación del sillín, representada por el ángulo que forma el asiento respecto al plano horizontal, es un factor clave que influye en la posición de la pelvis durante el pedaleo. Se ha observado que una inclinación del sillín hacia abajo favorece una mayor inclinación pélvica anterior. Esta posición, a su vez, puede reducir la tensión de tracción sobre los ligamentos longitudinales de la CL, contribuyendo a una postura más ergonómica y posiblemente a una disminución del riesgo de DL. (15)

III.h.2.a.3 Altura del sillín

La altura del sillín es uno de los ajustes más críticos en la configuración de una bicicleta, ya que influye directamente en la biomecánica del pedaleo y en la prevención

de lesiones. El grado de flexión de la rodilla se considera el estándar de oro para determinar la altura adecuada del sillín (Bini, Hume y Croft, 2011).

Se recomienda que, en una posición estática con la biela en los 180° (es decir, en su punto más bajo), la rodilla mantenga un ángulo de flexión entre 25° y 30°. Este rango busca optimizar la eficiencia mecánica del pedaleo y, al mismo tiempo, minimizar el riesgo de sobrecargas en las estructuras musculoesqueléticas. Diversos estudios también han vinculado una altura incorrecta del sillín con una mayor percepción de incomodidad, fatiga y dolor, especialmente en la región lumbar (21)

III.h.2.b Ajustes del manillar

Una buena posición de la parte superior del cuerpo permite sentarse cómodamente en la bicicleta con los brazos relajados y los codos ligeramente flexionados. El método tradicional de ajuste del manillar consiste en colocarlo de tal manera que el ángulo de tronco se encuentra a 45° de la horizontal, con los brazos ligeramente flexionados por los codos. Los ciclistas experimentados generalmente prefieren tener el manillar más bajo, lo que les permite pedalear en una posición más aerodinámica.

III.h.2.b.1 Altura del manillar

La altura del manillar es un factor determinante en la postura general del ciclista, ya que influye en la inclinación del tronco, la posición de la pelvis y la distribución de cargas a lo largo de la columna vertebral. Un manillar colocado demasiado bajo puede obligar al ciclista a adoptar una flexión excesiva del tronco, lo que incrementa la carga sobre la CL y puede contribuir a la aparición de dolor en la región baja de la espalda.

Por el contrario, un manillar demasiado alto puede reducir la eficiencia aerodinámica y limitar la potencia de pedaleo. Por ello, es fundamental lograr un equilibrio que permita mantener una postura cómoda, eficiente y biomecánicamente segura. La elección de la altura del manillar debe adaptarse al tipo de ciclismo (recreativo, competitivo, de ruta, montaña, etc.) y a las características individuales del ciclista (4).

III.h.2.c Exposición a la vibración

La vibración corporal transmitida desde el entorno externo, constituye un factor extrínseco relevante en el desarrollo de alteraciones musculoesqueléticas,

particularmente en la región lumbar. Diversas investigaciones han demostrado que la exposición prolongada a estas vibraciones, especialmente en contextos como el ciclismo o ciertas actividades laborales, se asocia con un mayor riesgo de degeneración discal, DL crónico y otras disfunciones de la columna vertebral.

La transmisión de estas vibraciones se produce a través de componentes de la bicicleta y su equipamiento utilizado, como los asientos, estructuras de soporte o el cuadro de la bicicleta, impactando principalmente sobre los tejidos blandos, discos intervertebrales y estructuras óseas de la columna. Esta exposición puede alterar la biomecánica normal del raquis lumbar, facilitando la aparición de microtraumatismos acumulativos y procesos degenerativos.

Factores como la postura adoptada durante la actividad, la frecuencia y magnitud de la vibración, y la duración de la exposición influyen directamente en el grado de afectación sobre los tejidos lumbares. En el caso del ciclismo, estas condiciones se ven agravadas por la naturaleza repetitiva del movimiento y el tiempo prolongado en posición estática o semi-flexionada, lo que podría potenciar los efectos nocivos en el raquis. (22)

III.i Rol del kinesiólogo en cuanto a estrategias de prevención y tratamiento del dolor lumbar en ciclismo

El rol del kinesiólogo se desempeña por un lado como medida preventiva, desde este aspecto se debe prestar atención a las lesiones existentes en el deporte y las situaciones de riesgo. Para luego realizar evaluaciones y un seguimiento individualizado con el fin de identificar desequilibrios musculares, cambios posturales y déficits biomecánicos significativos que requieran intervención. Por lo tanto, tiene como objetivo principal la ejecución segura y eficiente de un gesto deportivo que garantice un mayor rendimiento y eficiencia. Por otro lado, se incluye la rehabilitación de una lesión. Para que esta intervención sea eficaz, se debe incluir la identificación y corrección de los factores biomecánicos que contribuyen a la lesión, tanto en el ciclista como en la bicicleta. En síntesis, la kinesiólogía contribuye a la prevención y al tratamiento, especialmente a la reducción del dolor, la restauración de las estructuras mediante la corrección de desequilibrios además de incluir un programa de fortalecimiento y flexibilidad para las extremidades inferiores y los abductores del muslo (23).

El bike fitting es un área que se encarga de analizar la eficiencia mecánica y fisiológica de la postura en la bicicleta, parte de un análisis biomecánico en donde se evalúan variables cinemáticas en 2D y 3D a nivel articular con el ciclista en su propia bicicleta, los resultados que permiten identificar la pérdida de energía, alteración de la coordinación muscular, y respuesta de la cinemática angular en las diferentes fases del pedaleo, determinan si es necesario realizar ajustes. Es importante la intervención kinésica ya que la calibración de la bicicleta puede ir acompañada de la compra de accesorios de mejor calidad como: sillines con suspensión, manillares y guantes acolchados entre otros elementos, que en general brindan una mayor comodidad.

Una herramienta de vital importancia a nivel preventivo es la realización de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura espinal y core, ya que tienen una gran influencia en el manejo de lesiones lumbares. Este tipo de intervenciones busca además de manejar los síntomas, educar a las personas para ayudarlas a comprender el nivel de carga en los diferentes tejidos y generar estrategias para evitar complicaciones o la reaparición de síntomas.

Dentro de las estrategias físicas más efectivas para el manejo de DL en la población general se encuentra la práctica de Yoga, esta es una disciplina con bastantes utilidades en la reducción y prevención del dolor lumbar, así mismo, plantea un fortalecimiento específico de los músculos del Core. Para los ciclistas, el yoga puede prevenir lesiones, ayudar a adoptar posturas aerodinámicas y mejorar la comodidad de la bicicleta. Además de promover la activación muscular de la zona los músculos del tronco y la zona lumbar aumentando la resistencia y fuerza del core. A medida que se extienda nuestro tiempo de entrenamiento se tendrá una mayor facilidad de ejecución y se multiplicarán los beneficios trabajando simultáneamente el fortalecimiento y la flexibilidad (24).

IV. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para la elaboración de esta investigación, se realizó una revisión bibliográfica actual, en las cuales se consultaron en Bases de Datos en Google Scholar; Pubmed; Biblioteca Electrónica de Ciencia y Cochrane. Se utilizaron las palabras clave DeCS, MeSH y término libre que se ven graficados a continuación en la *Tabla 1* y las combinaciones de estas en la *Tabla 2*.

Para la selección de artículos que se han utilizado en el contexto de análisis se han pautado criterios de inclusión y exclusión que se detallarán a continuación.

Criterios de inclusión:

- Investigaciones que incluyan a la población de ciclistas de ruta, adultos de entre 18 y 60 años, independientemente de su género.
- Estudios que contengan muestra de participantes ciclistas que han padecido DL a causa de la práctica del deporte.
- Artículos que traten sobre prevención en lesiones que involucren el DL relacionadas al PF en el ciclismo y el rol del kinesiólogo en esta área.
- Artículos sobre la intervención kinésica en pacientes con DL a causa de la flexión sostenida
- Artículos en idioma español, portugués, francés e inglés.

Criterios de exclusión:

- Investigaciones que incluyan lesiones o alteraciones en ciclistas de etiología traumática.
- Estudios que contengan como estudio poblacional a niños.
- Estudios de paraciclismo.

Tabla 1: Palabras claves que se utilizaron en este trabajo de investigación.

	TÉRMINO LIBRE	DeCS	MeSH
#1	Ciclismo	Ciclismo	"Bicycling"[MeSH]
#2	Lesiones por sobreuso/"overuse injuries"		
#3	Ajuste de la bicicleta/"bikefit"		
#4	Rehabilitación	Rehabilitación	"Rehabilitation"[Mesh]
#5	Lesiones en ciclismo	Lesiones en ciclismo	"Bicycling/injuries"[MeSH]
#6	Lumbalgia	Dolor de la región lumbar	"Low Back Pain"[MeSH]
#7	Prevención/"Prevention"		
#8	Fisioterapia/"Physiotherapy"		
#9	Factores de riesgo/"RiskFactors"	Factores de riesgo	"RiskFactors"[MeSh]

Tabla 2: Combinación de palabras claves.

	TÉRMINO	CONECTOR	TÉRMINO	CONECTOR	TÉRMINO	CONECTOR
1	#1	AND	#2			
2	#1	AND	#3			
3	#1	AND	#6			
4	#5	AND	#6			
5	#1	AND	#6	AND	#4	
6	#1	AND	#6	AND	#7	
7	#1	AND	#6	AND	#8	
8	#1	AND	#6	AND	#9	
9	#2	AND	#3			

V. CONTEXTO DE ANÁLISIS

Los artículos seleccionados de este trabajo de investigación, que se analizarán a continuación, cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión que fueron mencionados con anterioridad.

- 1) **Estabilidad del núcleo y ciclismo** (“Core stability and bicycling”) DOI: 10.1249/JSR.0b013e3181de0f91

Autores: Chad Asplund y Michael Ross. 2010

Este artículo, realiza una revisión sobre la relación entre la estabilidad del núcleo (core) y el rendimiento en el ciclismo, con énfasis en su impacto en la prevención de lesiones y en la mejora del rendimiento deportivo. La investigación combina conocimientos teóricos y análisis de estudios previos, sin describir un experimento

original con diseño experimental, sino que recopila y analiza datos existentes y experiencias clínicas relacionadas con la evaluación y entrenamiento del core en ciclistas.

El estudio hace referencia a ejercicios diagnósticos como la posición de plancha, que sirve para evaluar la fuerza y estabilidad del core. Para ello, los ciclistas mantienen esa posición y el tiempo en que logran sostenerla, observando si presentan desviaciones en la postura, como hundimiento lumbar, separación de las escápulas o inclinación lateral de la pelvis. Además, se consideran las observaciones durante el pedaleo real, evaluando la postura del tronco, la alineación de las extremidades y la estabilidad general del cuerpo bajo fatiga.

Se destaca la medición del tiempo en posición de plancha y la evaluación visual de la postura durante el pedaleo. Se enfatiza en la importancia de los ejercicios funcionales y específicos, para fortalecer los músculos estabilizadores y mantener una postura óptima durante el esfuerzo.

Los objetivos del estudio son identificar cómo la fuerza y estabilidad del core influyen en la técnica de pedaleo y en la capacidad de mantener posturas correctas durante largos recorridos y también determinar si el entrenamiento enfocado en el core puede reducir lesiones en áreas como cuello y espalda, muy comunes en ciclistas.

Los resultados mostraron que ciclistas con mayor fuerza del core pueden mantener posiciones de estabilidad por más tiempo y mantienen mejor la alineación postural en la bicicleta. La fatiga en el core provoca desviaciones que afectan la técnica, aumentando el riesgo de lesiones. La evidencia sugiere que la incorporación de ejercicios de estabilidad en los programas de entrenamiento puede mejorar la postura y disminuir las molestias relacionadas con el esfuerzo prolongado.

En conclusión, los autores determinan que la estabilidad del núcleo es crucial para el rendimiento y la prevención de lesiones en ciclistas. Recomiendan incluir en el entrenamiento regular ejercicios específicos de estabilidad del core y evaluar la postura durante la actividad para identificar posibles debilidades que puedan afectar la técnica y aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas relacionadas con la

fatiga y el esfuerzo sostenido.

2) Efectos del cambio del ángulo del sillín sobre la incidencia del dolor lumbar en ciclistas recreativos. (“Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists”.) DOI 10.1136/bjism.33.6.398

Autores: Moshe Salai, Tamar Brosh, Alexander Blankstein, Ariel Oran, Aharon Chechik. 1999.

Se trata de un estudio de carácter experimental y observacional que combina análisis biomecánico y clínico. El propósito principal es analizar cómo la inclinación del asiento afecta las fuerzas sobre la región lumbar, específicamente en relación con el dolor de espalda que experimentan algunos ciclistas. Los autores realizan un análisis biomecánico basado en estudios fluoroscópicos y mediciones de vectores de fuerza, complementado con un ensayo clínico que evalúa el impacto de ajustar el ángulo del sillín en la reducción del dolor lumbar.

Se realizó un estudio fluoroscópico en el que se tomaron imágenes de la región lumbosacra en posición lateral de ciclistas mientras se encontraban sentados en diferentes tipos de bicicleta: de ciudad, de montaña y de carreras. Se eligieron al azar 10 adultos sanos y se analizaron mediante fluoroscopia. Se midieron los ángulos de la columna pélvica-lumbar de cada caso con respecto al suelo. Se registraron los efectos del cambio de la posición sentada y el ángulo del sillín sobre los vectores que actúan en el promontorio. Esto indicó que al aumentar el ángulo, es decir la inclinación anterior del sillín, se redujeron los vectores de tensión pélvica y lumbar.

40 adultos que practican ciclismo de manera recreativa (dentro de un grupo de 80 personas de entre los 17-72 años que recorrían en bicicleta entre 30 y 80 km semanales. De los cuales 34 de ellos utilizaban bicicletas de carrera, 31 de montaña y 15 de ciudad) refirieron dolor lumbar de intensidad intermedia (50 %) 25 de ellos usaban bicicletas deportivas y 15, bicicletas de montaña.

Los resultados de la fluoroscopia y su análisis biomecánico se aplicaron a las bicicletas de estos 40 miembros del club; es decir, se ajustaron los asientos para producir un

ángulo de inclinación anterior. ángulo de 10–15°) El ángulo se fijó con un goniómetro ortopédico, ajustado para cada bicicleta.

Después de seis meses sin cambios en sus hábitos ciclistas, fueron reevaluados mediante una entrevista personal sobre su dolor de espalda, 29 (72%) de los participantes informaron que ya no tenían dolor lumbar, 8 (20%) refirieron una reducción significativa en la frecuencia y la intensidad del dolor, y 3 (7%) no informaron cambios. Los resultados estadísticos confirmaron que el cambio fue significativo y que no existió una correlación directa entre la mejora y otros factores como edad, tipo de bicicleta, o distancia recorrida.

Este estudio subraya que la correcta configuración del sillín, específicamente mediante la inclinación anterior, puede reducir la tensión en la zona lumbar y disminuir la incidencia de dolor de espalda en ciclistas recreativos. Los autores sugieren que estos hallazgos deben difundirse entre fabricantes, vendedores y entrenadores, promoviendo la incorporación de ajustes personalizados en los equipos de bicicleta. La implementación de estas recomendaciones puede representar una medida efectiva para prevenir lesiones y aumentar el disfrute del ciclismo, especialmente en poblaciones que realizan largas horas de actividad y en jóvenes en crecimiento, donde una mala postura puede interferir con el desarrollo adecuado de la columna vertebral.

3) Dolor lumbar en ciclismo. ¿Existen diferencias entre el ciclismo de carretera y el de montaña? (“Low Back Pain in Cycling. Are There Differences between Road and Mountain Biking?”)

DOI: 10.3390/ijerph20053791

Autores: Gerson Garrosa-Martín, Carlos Alberto Muniesa, Juan José Molina-Martín and Ignacio Díez-Vega. 2023

Este estudio de diseño experimental y de tipo cruzado tiene como objetivo analizar cómo varía la percepción del dolor lumbar y la sensibilidad muscular en ciclistas recreativos que practican diferentes modalidades de ciclismo, específicamente ruta (RC) y de montaña (MTB). Los investigadores buscaron determinar si existen diferencias en

la evolución del dolor lumbar y la sensación de presión en los músculos lumbares relacionadas con distintas modalidades de ciclismo y qué factores podrían influir en ello.

Participaron 40 ciclistas amateurs varones entre 18 y 55 años, con al menos tres años de experiencia en el deporte que no habían recibido tratamiento específico en la musculatura evaluada durante las últimas cuatro semanas, ni estaban sujetos a algún tratamiento en el presente, sin patologías lumbares recientes. Para evaluar los efectos del ejercicio, cada ciclista realizó dos pruebas en diferentes días, en un orden aleatorio, que consistieron en recorridos de aproximadamente tres horas en bicicleta en condiciones reales y de campo. La intensidad del ejercicio se controló mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca, ajustada a niveles submáximos individuales, para garantizar la comparabilidad entre sesiones.

Antes y después de cada prueba, se restaron niveles de dolor lumbar utilizando un cuestionario específico, el RMQ, que mide la disfunción relacionada con el dolor en la zona lumbar. Además, se realizaron mediciones del umbral de presión dolorosa (PPT) en músculos lumbar y paravertebrales mediante un algómetro, que permitieron determinar cuánto estímulo era necesario para producir dolor en esas áreas. El procedimiento se realizó en condiciones ambientales controladas y siguiendo protocolos estandarizados para garantizar la precisión de los datos. Toda la operación se realizó en exteriores, en escenarios de ciclismo real, para reflejar las condiciones habituales de los ciclistas amateurs.

Los resultados revelaron que tanto en ciclismo en ruta como en el de montaña, la percepción de dolor lumbar aumentó significativamente tras las pruebas ($p < 0.001$), con tamaños del efecto muy grandes ($d > 2$). La sensibilidad, medida a través del PPT, disminuyó en ambos casos tras el ejercicio ($p < 0.001$ en RC y $p = 0.024$ en MTB), aunque no se encontraron diferencias significativas en la evolución del dolor entre modalidades.

La conclusión principal de los autores indica que, para ciclistas recreativos, la percepción de dolor en la región lumbar se incrementa en ambas modalidades tras una prueba de resistencia prolongada, y esta percepción parece estar más influenciada por

características individuales del ciclista (factor intrínseco), como su condición física y postura, que por la modalidad específica de ciclismo practicada (factor extrínseco)

4) Eficacia de la estabilización estática frente a la estabilización dinámica del núcleo músculos en el dolor lumbar en ciclistas: un estudio experimental. (*“Effectiveness of static stabilization versus Dynamic stabilization of core muscles on low back pain in cyclist - an experimental study.”*) DOI:10.21474/IJAR01/9366

Autor: Seshagirirao Makke. 2019

Este estudio, realizado en 2019 por Seshagirirao Makke y sus colegas en la Universidad Shri JTT en Rajasthan, se propuso comparar la efectividad de ejercicios de estabilización estática frente a dinámica del core en la reducción del dolor lumbar en ciclistas.

El objetivo principal fue determinar cuál método, estático o dinámico, resulta más efectivo para reducir el dolor lumbar, mejorar la fuerza del core y elevar la calidad de vida en ciclistas.

Se trató de un estudio experimental, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar los efectos de ambas intervenciones en un grupo de 30 ciclistas masculinos con dolor en la zona.

Los materiales utilizados incluyeron consentimientos informados, hojas de recolección de datos, colchonetas, pelotas de fisioterapia, unidades de biofeedback de presión y cuestionarios como el Oswestry para discapacidad en LBP. Los participantes, 30 ciclistas masculinos con dolor lumbar moderado, fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos: uno (A) realizó ejercicios de estabilización estática (como planchas modificadas y contracción abdominal), y el otro (B), ejercicios de estabilización dinámica, durante 4 semanas, con 10-20 repeticiones, dos veces al día. La evaluación previa y posterior incluyó mediciones de dolor (VAS), fuerza del core (biofeedback) y la calidad de vida (Oswestry.)

Los resultados revelaron que el análisis pre-post en ambos grupos mostró una mejora extremadamente significativa en términos de dolor, fuerza central y calidad de vida, pero el grupo B presentó resultados superiores en reducción del dolor ($p = 0.0031$), incremento en la fuerza del core ($p < 0.0001$) y menor discapacidad ($p = 0.0297$), en comparación con el grupo A. Estos hallazgos indican que, aunque la estabilización estática también tiene beneficios, la estabilización dinámica provee un efecto mayor y más duradero en la mitigación del dolor lumbar en ciclistas.

Aunque ambos tipos de ejercicios fueron beneficiosos para los ciclistas con dolor lumbar, los autores a modo de conclusión, sugieren que los programas de ejercicio que incluyen estabilización dinámica deberían ser considerados como estrategia principal para mejorar la salud lumbar en ciclistas, dado que generan mejoras significativas en la fuerza muscular, en la reducción del dolor y en la calidad de vida, comparados con las técnicas estáticas. Además, resaltan la importancia de incorporar estos ejercicios en los programas de rehabilitación para optimizar el rendimiento y prevenir futuras lesiones en esta población.

Citas en formato Vancouver y DOI Makke S. Eficacia de la estabilización estática frente a la estabilización dinámica del núcleo músculos en el dolor lumbar en ciclistas: un estudio experimental. Int J Adv Res. 2019;7(7):336-344. DOI: 10.21474/IJAR01/9366.

5) Influencia de la posición de las manos en el manillar sobre la postura espinal en ciclistas profesionales (“The influence of handlebar-hands position on spinal posture in professional cyclists”) DOI 10.3233/BMR-140506

Autores: José M. Muyor. 2015

Es un estudio experimental cuantitativo transversal que tuvo como objetivo principal evaluar y comparar los cambios producidos en las curvaturas sagitales de la columna torácica y lumbar, así como en la inclinación pélvica, desde la postura de pie en el suelo hasta las posturas de las manos en el manillar superior, medio, inferior y aerodinámico adoptadas en bicicletas de carretera.

28 ciclistas profesionales masculinos participaron en el estudio. Todos los sujetos recibieron previamente una descripción verbal y escrita del protocolo, y brindaron su consentimiento informado. En primer lugar, se midieron las curvaturas sagitales de la columna vertebral y la inclinación pélvica en posición de bipedestación y luego sentados en sus propias bicicletas, utilizando un dispositivo denominado *Spinal Mouse*. Este instrumento electrónico de medición no invasiva permite registrar el rango de movimiento sagital y los ángulos intersegmentarios de la columna.

Para cada posición evaluada, se registraron los ángulos correspondientes a la columna torácica (de T1-2 a T11-12), la columna lumbar (de T12-L1 al sacro), y la inclinación pélvica (calculada como la diferencia entre el ángulo del sacro y la vertical). Las mediciones en bipedestación se realizaron con los ciclistas descalzos, vestidos con culotte, de pie en una postura neutra: ojos y oídos alineados horizontalmente, brazos relajados al costado del cuerpo, rodillas cercanas a la extensión completa y pies separados al ancho de los hombros.

Luego, se evaluaron las posturas sobre la bicicleta en cuatro posiciones del manillar (superior, media, inferior y aerodinámica), presentadas en orden aleatorio. En cada una de ellas, los ciclistas pedalearon durante cinco minutos a una cadencia constante de 90 revoluciones por minuto, controlando la intensidad con la escala RPE de Borg (entre 12 y 13 puntos, intensidad moderada). Tras el pedaleo, se les pidió detenerse y mantener ambos pedales paralelos al suelo, momento en el cual el evaluador realizó las mediciones correspondientes.

Para el análisis estadístico, se calcularon la media y la desviación estándar de cada variable (ángulo torácico, lumbar e inclinación pélvica) en cada una de las posturas analizadas. Posteriormente, se aplicó un ANOVA unidireccional con medidas repetidas, dado que todos los participantes fueron expuestos a todas las condiciones. Esta prueba permitió comparar los efectos de las distintas posiciones del manillar sobre las variables posturales. Además, para confirmar la validez del análisis, se utilizaron pruebas multivariadas complementarias (Lambda de Wilks, traza de Pillai, traza de Hotelling y Roy), las cuales arrojaron resultados consistentes.

Resultados indican que la postura de pie presentó los valores más altos de lordosis de la columna torácica y lumbar en comparación con las otras posturas. La curvatura lumbar

cambió de lordosis (negativa) a valores positivos (convexidad anterior) en bipedestación y valores positivos (convexidad posterior) en todas las posiciones del manillar de la bicicleta. Las posiciones aerodinámicas del manillar mostraron la mayor flexión lumbar (cifosis lumbar) e inclinación pélvica anterior.

El análisis ANOVA mostró diferencias significativas para la columna torácica y lumbar y la inclinación pélvica en todas las posturas evaluadas ($p < 0,05$). El análisis mostró una cifosis torácica significativamente menor en la postura autocorregida que en las demás posturas. La columna torácica fue significativamente mayor en la postura de pie que en las posturas de manillar-mano superior y media. La columna lumbar se flexionó más y se observó una mayor inclinación pélvica anterior cuando las posiciones de manillar-mano eran más bajas con respecto al sillín.

Por lo tanto, la columna lumbar se flexionó significativamente más en la posición aerodinámica del manillar que en las posiciones de manillar-mano superior y media. Se observaron diferencias significativas en la inclinación pélvica anterior en todas las posturas evaluadas.

A modo de conclusión, la curvatura de la columna torácica muestra un ángulo cifótico menor en la bicicleta en las posiciones de manillar-manos más altas, medias, bajas y aerodinámicas que al estar de pie en el suelo. La curvatura de la columna lumbar cambia de lordosis al estar de pie en el suelo a cifosis (flexión) en la bicicleta en todas las posiciones de manillar-manos evaluadas. La pelvis se modifica a una mayor inclinación anterior cuando la posición de manillar-manos es más alejada y baja respecto al sillín de la bicicleta.

Debido a la postura específica adoptada en flexión sobre la bicicleta se recomienda mejorar la estabilidad y el equilibrio de la columna mediante ejercicios de fortalecimiento abdominal y de espalda. Los ejercicios para desarrollar la resistencia abdominal y lumbar son necesarios para mejorar la postura en las actividades diarias y compensar la flexión lumbar mantenida en la bicicleta durante los entrenamientos. El ejercicio gato-camello podría ser útil antes del entrenamiento en bicicleta para reducir la viscosidad de la columna y prepararla para posturas de flexión.

6) El efecto del dolor lumbar sobre el control neuromuscular en ciclistas (*"The effect of low back pain on neuromuscular control"*). DOI: 10.1080/02640414.2022.2061819

Autores: Emile Marineau Belanger, Dan-Mihai Boon, Martin Descarreaux, Jacques Abboud. 2022

Es un estudio experimental de diseño transversal y observacional, centrado en evaluar cambios neuromusculares y cinemáticos en ciclistas con dolor lumbar crónico durante una tarea de ciclismo de una hora. El objetivo principal fue entender si el dolor crónico influye en las estrategias neuromusculares durante el ejercicio, y si esto se refleja en cambios posturales y estructurales.

Se reclutaron ciclistas que se dividieron en dos grupos: uno con dolor lumbar crónico y otro sin dolor, formando al grupo control.

Los participantes fueron 48 ciclistas entrenados, (21 con dolor lumbar crónico y 27 sin dolor lumbar como grupo control), seleccionados según criterios específicos, incluyendo un período de dolor mínimo y experiencia en ciclismo.

Realizaron en una bicicleta fija en un rodillo durante una hora, momento en el cual se registraron sus actividades musculares mediante electromiografía de superficie (EMG) para registrar la actividad muscular del erector espinal lumbar (LES) además de sus patrones posturales mediante sistema de análisis de movimiento 3D para estudiar la cinemática del tronco y estadiometría para medir la altura de la columna y el "encogimiento espinal", controlando variables antropométricas y sociodemográficas. Se realizaron análisis estadísticos mediante ANOVA y otras pruebas paramétricas y no paramétricas, asegurando la normalidad de los datos y controlando posibles factores de confusión.

Los resultados mostraron que, durante la prueba, tanto los ciclistas con dolor lumbar como los sanos disminuyeron su activación muscular lumbar, sin evidencias claras de fatiga muscular. Sin embargo, aquellos con dolor adoptaron una postura notablemente

diferente: mantuvieron menos flexión lumbar y más flexión torácica en comparación con los controles, incluso al final del esfuerzo. Además, la altura de la columna globalmente disminuyó en todos los participantes tras la hora de ciclismo, revelando que la carga en la estructura espinal fue similar, aunque las estrategias de control motor variaron notablemente en el grupo con dolor.

Finalmente, los autores concluyeron que, si bien la actividad muscular en términos de esfuerzo no cambió significativamente, las alteraciones en la postura y en las estrategias de control motor en ciclistas con dolor lumbar representan adaptaciones que podrían contribuir a la persistencia o agravamiento del dolor. Este hallazgo resalta la importancia de considerar no sólo la fatiga muscular, sino también cómo los cambios posturales y neuromusculares influyen en la salud lumbar en deportistas, abriendo la puerta a intervenciones dirigidas a mejorar las estrategias motoras y prevenir complicaciones a largo plazo.

7) Comparación del control postural lumbar en ciclistas con dolor lumbar (patrón de flexión) y un grupo control asintomático: Estudio de campo utilizando un nuevo sistema de medición postural
(“Comparing lower lumbar kinematics in cyclists with low back pain (flexión pattern) versus asymptomatic controls e field study using a wireless posture monitoring system”) DOI: 10.1016/j.amp.2012.02.005

Autores: Wannes Van Hoofa,, Koen Volkaerts a Kieran O'Sullivanb, Sabine Verschuerena, Wim Dankaerts. 2012.

Este es un estudio de tipo observacional, de carácter transversal y en campo, que busca investigar las diferencias en la cinemática lumbar durante el ciclismo entre ciclistas con y sin dolor lumbar no específico con patrón de flexión. Los materiales utilizados incluyen un sistema inalámbrico de monitoreo de postura, llamado BodyGuardÔ, que permite registrar en tiempo real la postura lumbar durante la actividad de ciclismo en exteriores, además de una escala de valoración del dolor (NPRS) para medir la intensidad del dolor lumbar en diferentes momentos.

Se seleccionaron 17 participantes, 8 ciclistas con dolor lumbar crónico no específico (NS-CLBP) y un patrón de flexión lumbar (FP), y 9 ciclistas controles sin dolor lumbar. Los participantes realizaron un recorrido de 2 horas en bicicleta personal en condiciones reales, manteniendo un ritmo controlado por monitor de frecuencia cardíaca. Se registraron las cinemáticas lumbares a través del sistema inalámbrico, que capturaba los movimientos en diferentes intervalos de tiempo. También se midió la percepción de dolor en diferentes momentos antes, durante y después del ejercicio. Los análisis estadísticos.

El estudio tenía como objetivos determinar si existe una diferencia en la postura lumbar durante el ciclismo en ciclistas con LBP en comparación con controles asintomáticos, y explorar si estas diferencias son mantenidas o modificadas con el transcurso de la actividad.

Los resultados mostraron que los ciclistas con dolor lumbar exhibían una mayor flexión lumbar en comparación con los controles durante todo el recorrido, y que esta diferencia se mantenía sin cambios significativos en el tiempo. Además, los ciclistas con dolor reportaron un aumento progresivo en su nivel de dolor, el cual alcanzó niveles clínicamente relevantes tras 30 minutos de ciclismo y se mantuvo elevado hasta el final del recorrido.

Los autores concluyen que la presencia de un patrón de movilización lumbar excesivamente flexionado puede reflejar una respuesta motor maladaptativa, que se mantiene durante el ejercicio y contribuye al aumento del dolor. Recomiendan, por tanto, que las intervenciones terapéuticas dirigidas a modificar este patrón postural puedan ser beneficiosas en la prevención y tratamiento del dolor lumbar en ciclistas, resaltando la importancia de evaluar la cinemática lumbar en condiciones reales de actividad física.

8) Ciclistas recreativos: La relación entre el dolor lumbar y las características del entrenamiento ("Recreational cyclists: The

relationship between low back pain and training characteristics") DOI:

[10.70252/HCFG8805](#)

Autores: Samantha J. Schultz and Susan J. Gordon. 2010.

Es un estudio observacional de tipo descriptivo y analítico, que busca determinar si ciertos hábitos de entrenamiento, como la distancia recorrida, la postura y la frecuencia de ciclismo, están asociados con mayor prevalencia de dolor lumbar.

El objetivo principal del estudio fue investigar la relación entre la aparición de dolor lumbar y las características de entrenamiento en ciclistas recreativos.

Para desarrollar el estudio, los autores diseñaron una encuesta que fue distribuida a 66 ciclistas de clubes en Queensland. La encuesta incluyó preguntas sobre características demográficas, hábitos de entrenamiento, tipo de bicicleta, postura en el ciclismo (por ejemplo, posición de las manos en el manubrio), terreno, frecuencia semanal, duración de las sesiones y número de eventos ciclisticos al año. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante pruebas no paramétricas como el test Mann-Whitney y el chi-cuadrado, además de regresión logística para ajustar posibles factores de confusión. La variable principal fue la presencia o ausencia de dolor lumbar en los últimos meses, definida específicamente en el estudio como dolor que ocurrió durante o después de la actividad ciclistica.

Los objetivos del estudio fueron identificar si existe una relación significativa entre el volumen de entrenamiento, las características biomecánicas y la incidencia de dolor lumbar en ciclistas recreativos, y también determinar qué aspectos del entrenamiento podrían ser modificados para reducir el riesgo de dolor lumbar.

Los resultados mostraron que el 50% de los participantes reportaron tener dolor lumbar asociado a la práctica de ciclismo. Específicamente, aquellos ciclistas que recorrían más de 160 km por semana tenían una probabilidad significativamente mayor de experimentar dolor lumbar siendo su riesgo 3.6 veces mayor en comparación con quienes recorrían menos distancia. Además, se encontró que la posición de las manos en los frenos, en tendencia, podía estar relacionada con el dolor, aunque no fue estadísticamente significativa. No se observaron diferencias relevantes en relación con

la experiencia en ciclismo, el número de cambios de marcha o la postura en diferentes terrenos.

En conclusión, los autores determinaron que un volumen alto de entrenamiento, particularmente recorrer más de 160 km por semana, aumenta considerablemente la probabilidad de presentar dolor lumbar en ciclistas recreativos. Recomendaron reducir la distancia semanal a menos de este umbral como una estrategia para prevenir dolor lumbar. Además, sugirieron que futuros estudios se enfoquen en aspectos biomecánicos, ajuste de la bicicleta y las posturas en diferentes tipos de terreno, para entender mejor los factores de riesgo en esta población.

9) Alteraciones en la magnitud y distribución espacial de la actividad del músculo erector de la columna en ciclistas con antecedentes recientes de dolor lumbar ("Alterations in magnitude and spatial distribution of erector spinae muscle activity in cyclists with a recent history of low back pain") DOI: 10.1007/s00421-024-05628-7

Autores: Alessandro Sampieri Alessandro Del Vecchio , Giuseppe Marcolin, Federico Gennaro, Emanuele Magistrelli, Tatiana Moro, Antonio Paoli, Andrea Casolo. Octubre 2024.

Es un estudio de tipo experimental que analizo cómo difiere la activación y la distribución espacial del músculo erector lumbar de la columna en ciclistas con historia reciente de dolor lumbar en comparación con ciclistas sanos durante un test incremental de ciclismo

Se reclutaron 11 ciclistas con antecedentes recientes de lumbalgia (LBPG) y 13 ciclistas sanos (GC), de diferentes clubes de ciclistas locales y para participar en este estudio comparativo transversal.

Los participantes completaron varios cuestionarios para evaluar su salud general y sus hábitos de ciclismo. En primer lugar, para estimar sus niveles semanales de actividad física. En segundo lugar, para evaluar el nivel de discapacidad relacionado con el LBP entre los LBPG, se utilizó el Índice de discapacidad de Oswestry. Por último, se aplicó la versión italiana validada del cuestionario Chronic Pain Grade (CPG), que evaluó

tanto la intensidad del dolor característico como la discapacidad relacionada con el LBP. Este cuestionario clasifica a los encuestados en 4 categorías: Grado 0 (sin dolor, sin discapacidad); Grado 1 (baja discapacidad, baja intensidad); Grado 2 (baja discapacidad, alta intensidad); Grado 3 (alta discapacidad, moderadamente limitante); y Grado 4 (alta discapacidad, severamente limitante).

La evaluación se realizó en un laboratorio especializado donde, tras mediciones antropométricas y determinación del umbral de potencia funcional (FTP), los participantes realizaron una prueba de ciclismo incremental en una bicicleta de entrenamiento inteligente. Durante esta prueba, se registraron las señales de electromiografía de alta densidad (HDsEMG) en los músculos erector de la columna lumbar, usando dos rejillas de 64 canales cada una. Las variables principales analizadas fueron la actividad muscular (RMS), la homogeneidad de la distribución de la actividad (entropía) y el desplazamiento craneo-caudal del centro de gravedad de la actividad muscular.

Los resultados del análisis estadístico mediante ANOVA de dos vías con medidas repetidas mostraron una interacción significativa entre el grupo (con o sin dolor lumbar) y la intensidad del ejercicio en relación con tres variables analizadas: amplitud RMS, entropía y desplazamiento de la barra en el eje Y. En el grupo con dolor lumbar (LBPG), al aumentar la intensidad entre el 70 y el 100% del umbral funcional (FTP), se observó un incremento significativo en la amplitud RMS (+19%, $p = 0,010$) y entre el 80 y 100% del FTP (+21%, $p = 0,004$), lo cual indica una mayor activación muscular. Simultáneamente, se evidenció una disminución significativa de la entropía, tanto entre el 70 y 100% del FTP (-8,4%, $p = 0,003$) como entre el 80 y 100% del FTP (-8,5%, $p = 0,002$), lo que sugiere una menor variabilidad en la señal muscular. Finalmente, las diferencias entre grupos fueron significativas solo al 100% del FTP, donde el grupo con dolor mostró una amplitud RMS mayor (+9,6%, $p = 0,049$). Estos hallazgos sugieren que los ciclistas con dolor lumbar responden a intensidades elevadas con una mayor activación muscular y menor variabilidad en el control neuromuscular, posiblemente como una estrategia compensatoria.

En conclusión, los ciclistas con antecedentes recientes de LBP mostraron una sobreactivación del músculo EE y una estrategia subóptima para redistribuir la actividad muscular a medida que aumentaba la carga de ciclismo, en comparación con los controles sanos. Los hallazgos sugieren la presencia de estrategias de control motor

alteradas en ciclistas con LBP y podrían ser considerados por profesionales clínicos, terapeutas y entrenadores para implementar y supervisar estrategias preventivas y de tratamiento para el LBP en esta población.

10) Efecto del bike-fit sobre la percepción de confort, fatiga y dolor

(“Effect of bike-fit in the perception of comfort, fatigue and pain”) DOI:

10.1080/02640414.2016.1215496

Autores: Jose Ignacio Priego Quesada, Pedro Pérez-Soriano, Angel Gabriel Lucas-Cuevas, Rosario Salvador Palmer & Rosa Ma Cibrián Ortiz de Anda. 2016

Es un estudio experimental de diseño cruzado y en campo, que evalúa la percepción subjetiva de ciclistas en diferentes condiciones de postura sobre la bicicleta mediante mediciones biomecánicas y cuestionarios de percepción.

El objetivo de este estudio experimental fue evaluar la influencia de diferentes posiciones de la bicicleta en la percepción de la fatiga, el dolor y la comodidad. Los participantes fueron 20 ciclistas que se sometieron a tres pruebas que implicaron andar en bicicleta durante 45 minutos al 50% de su potencia aeróbica máxima individual mientras adoptaban diferentes posiciones en la bicicleta.

Los participantes realizaron las pruebas de ciclismo adoptando tres posiciones definidas por dos parámetros (ángulo de flexión de la rodilla [20°, 30°, 40°] y ángulo de flexión del tronco [35°, 45°, 55°]) en orden aleatorio. Los ángulos se midieron utilizando un sistema de análisis de movimiento 2D durante el ciclismo y aplicando el factor de corrección de Fonda. Las percepciones de comodidad, fatiga y dolor se informaron antes del final de cada prueba.

Los resultados indicaron que la combinación de flexión de rodilla de 40° y flexión de tronco de 35° se percibió como la posición más incómoda. Además, una mayor flexión de la rodilla tuvo un efecto negativo en la comodidad del tronco, acompañado de mayores niveles de fatiga y percepción de dolor especialmente en lumbar y extremidades inferiores.

En conclusión, los ciclistas percibieron la posición más cómoda cuando la altura del sillín se encontraba dentro del ángulo de rodilla recomendado (30° calculados a partir de la posición descentrada o $40 \pm 4,0^\circ$ de valor absoluto). El tronco erguido resultó ser la posición más cómoda para los ciclistas recreativos, donde la aerodinámica no es tan importante. La percepción de los ciclistas sobre la bicicleta debe tenerse en cuenta al elegir la posición más beneficiosa, ya que esto puede contribuir a la prevención de lesiones y mejorar el rendimiento ciclista.

Tabla 3. Resumen de artículos analizados (elaboración propia)

AUTOR, AÑO, TÍTULO	TIPO DE ESTUDIO, MATERIALES Y MÉTODOS	OBJETIVOS	RESULTADOS

1-ASPLUND, C. y M. ROSS. 2010. “Core stability and bicycling”.	Revisión de estudios previos y análisis de experiencia clínica, incluyendo ejercicios diagnósticos como la plancha, observaciones durante el pedaleo y revisión bibliográfica para evaluar la fuerza y estabilidad del core en ciclistas	Evaluar la influencia de la fuerza y estabilidad del core en el rendimiento y prevención de lesiones en ciclistas	Ciclistas con core fuerte mantienen posiciones estables por más tiempo, tienen mejor alineación postural y presentan menor desviación durante el pedaleo. El entrenamiento de core mejora la postura y reduce lesiones musculoesqueléticas relacionadas con la fatiga.
---	--	---	--

2-Moshe Salai, Tamar Brosh, Alexander Blankstein, Ariel Oran, Aharon Chechik. 1999. “Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists”	Estudio biomecánico y clínico, incluyendo fluoroscopia, análisis de vectores de fuerza en la región lumbar, y estudio longitudinal. en 10 adultos por tipo de bicicleta, ajustando el ángulo de sillín para evaluar sus efectos en las fuerzas en la pelvis y columna lumbar. Se aplicaron estos ajustes en 40 ciclistas amateurs con dolor lumbar varones entre 17 y 72 años, con al menos tres años de experiencia en el deporte y se evaluó su evolución tras 6 meses.	Determinar cómo el ángulo del sillín afecta las fuerzas en la región lumbar y, ajustes biomecánicos para reducir la incidencia de DL en ciclistas recreativos.	La inclinación anterior del sillín entre 10° y 15° disminuyó significativamente las fuerzas de tensión en la columna lumbar. En un grupo de ciclistas con dolor lumbar, más del 70% reportó mejoría tras tres a seis meses con estos ajustes. Se concluye que la correcta configuración del sillín puede prevenir y aliviar el dolor lumbar en ciclistas.
--	--	---	--

3- Gerson Garrosa-Martín, Carlos Alberto Muniesa, Juan José Molina-Martín and Ignacio Díez-Vega. 2023. “Low Back Pain in Cycling. Are There Differences between Road and Mountain Biking?”	Estudio experimental cruzado. Cuestionario RMQ, algómetro para medición PPT, prueba de ciclismo de 3 horas en campo, 40 ciclistas amateurs varones entre 18 y 55 años, con al menos tres años de experiencia en el deporte monitorización de frecuencia cardiaca. Evaluación pre y post esfuerzo del dolor lumbar y sensibilidad muscular en ciclistas recreativos.	Comparar la percepción de dolor lumbar y cambios en la sensibilidad muscular lumbar en ciclistas en ruta y mountain bike tras ejercicio prolongado.	La percepción de dolor lumbar aumentó significativamente en ambas modalidades tras el ejercicio, sin diferencias entre ellas; la sensibilidad muscular disminuyó, indicando mayor percepción de dolor. La percepción del dolor parece estar más influenciada por factores intrínsecos del ciclista que por factores extrínsecos
--	--	--	--

4- Seshagirao Makke. 2019. “Effectiveness of static stabilization versus Dynamic stabilization of core muscles on low back pain in cyclist - an experimental study.”	Estudio experimental, 30 ciclistas divididos aleatoriamente en grupos que realizaron ejercicios estáticos o dinámicos durante 4 semanas, evaluando dolor (VAS), fuerza del core (biofeedback) y calidad de vida (Oswestry) pre y post intervención.	Comparar la efectividad de ejercicios estáticos vs. dinámicos en reducir dolor lumbar, mejorar fuerza del core y calidad de vida en ciclistas con dolor lumbar.	Ambos grupos mostraron mejoras significativas en todos los parámetros; sin embargo, el grupo con ejercicios de estabilización dinámica logró resultados superiores en reducción del dolor, aumento de fuerza del core y la calidad de vida.
---	---	---	---

5- José M. Muyor. 2015 "The influence of handlebar-hands position on spinal posture in professional cyclists"	Estudio experimental, no aleatorizado, 28 ciclistas profesionales masculinos. Se midieron los ángulos torácicos, lumbares e inclinación pélvica en distintas posiciones de las manos sobre el manillar	evaluar y comparar los cambios producidos en las curvaturas sagitales de la columna torácica/ lumbar, así como en la inclinación pélvica, desde la postura de pie hasta las posturas de manos en el manillar superior/medio/inferior/aerodinámico adoptadas en bicicletas de carretera.	La curvatura torácica tiene un ángulo cifótico menor en todas las posiciones sobre la bicicleta que al estar de pie en el suelo. La curvatura lumbar cambia de lordosis al estar de pie a cifosis en todas las posiciones sobre la bicicleta. La pelvis aumenta la inclinación anterior cuando la posición sobre el manillar es más alejada y baja respecto al sillín de la bicicleta.
---	---	--	---

6- Emile Marineau Belanger, Dan-Mihai Boon, Martin Descarreaux, Jacques Abboud. 2022. “The effect of low back pain on neuromuscular control”	Estudio experimental análisis de EMG y medidas cuantitativas función neuromuscular en ciclistas con y sin dolor lumbar. Se utilizaron normalizaciones mediante MVC y pruebas de esfuerzo, además de análisis estadísticos como ANOVAs y t-tests	Identificar las adaptaciones neuromusculares en ciclistas con dolor lumbar y determinar cómo el esfuerzo ciclista afecta la contracción espinal en estos grupos.	No se observaron diferencias significativas entre grupos en la actividad electromiográfica (EMG) ni en las pendientes de la frecuencia media de Müller (MDF). Las medidas generales de activación muscular no mostraron alteraciones diferenciales por el dolor lumbar.
--	---	--	---

7- Wannes Van Hoofa,, Koen Volkaerts a Kieran O'Sullivan b, Sabine Verschuerena, Wim Dankaerts. 2012. “Comparing lower lumbar kinematics in cyclists with low back pain (flexión pattern) versus asymptomatic controls e field study using a wireless posture monitoring system”	Estudio observacional, transversal y en campo. uso de sistema inalámbrico BodyGuard[®], escala de dolor NPRS. 8 ciclistas (NS-CLBP) y un patrón de flexión lumbar (FP), y 9 ciclistas controles sin dolor lumbar realizaron una ruta de 2 h en bicicleta, posturas lumbares registradas en diferentes intervalos, análisis estadístico mediante ANOVA y comparación de medias.	Investigar las diferencias en la cinemática lumbar durante ciclismo entre ciclistas con y sin patrón de flexión lumbar y explorar su relación con el dolor.	Los ciclistas con DL presentaron mayor flexión lumbar en comparación con los controles, con un aumento progresivo del dolor durante el ejercicio. La postura fue mantenida sin cambios significativos y la presencia del patrón de flexión se asoció con mayor dolor y una respuesta motora maladaptativa.
--	---	--	---

8- Samantha J. Schultz and Susan J. Gordon. 2010. “Recreational cyclists: The relationship between low back pain and training characteristics”	Estudio observacional de tipo descriptivo y analítico. encuesta a 66 ciclistas, La encuesta incluyó preguntas sobre hábitos de entrenamiento, tipo de bicicleta, postura en el ciclismo , terreno, fr semanal, duración y número de eventos ciclísticos al año.	Investigar la relación entre la aparición de dolor lumbar y las características de entrenamiento en ciclistas recreativos.	50% de los participantes reportaron tener dolor lumbar asociado a la práctica de ciclismo. Específicamente, aquellos ciclistas que recorrían más de 160 km por semana
---	---	--	--

9-Alessandro Sampieri Alessandro Del Vecchio, Giuseppe Marcolin, Federico Gennaro, Emanuele Magistrelli, Tatiana Moro, Antonio Paoli, Andrea Casolo. Octubre 2024. “Alterations in magnitude and spatial distribution of erector spinae muscle activity in cyclists with a recent history of low back“	Estudio experimental comparativo transversal. 11 ciclistas con antecedentes recientes de lumbalgia y 13 ciclistas sanos. Se registraron señales de electromiografía en los músculos erector de la columna lumbar. Variables analizadas: actividad muscular (RMS), la entropía y el desplazamiento cráneo-caudal del centro de gravedad de la actividad muscular.	Analizar cómo difiere la activación y la distribución espacial del músculo erector lumbar de la columna en ciclistas con historia reciente de dolor lumbar en comparación con ciclistas sanos durante un test incremental de ciclismo	Los ciclistas con antecedentes recientes de DL mostraron una sobreactivación los erectores espinales y una estrategia subóptima para redistribuir la actividad muscular a medida que aumentaba la carga de ciclismo, en comparación con los controles sanos
--	--	--	--

10-Jose Ignacio Priego Quesada, Pedro Pérez-Soriano, Angel Gabriel Lucas-Cuevas, Rosario Salvador Palmer & Rosa Ma Cibrián Ortiz de Anda. 2016 “Effect of bike-fit in the perception of comfort, fatigue and pain”	Estudio experimental de diseño cruzado y en campo. 20 ciclistas masculinos. Utilización de cicloergómetro, cámaras de video para análisis cinemático 2D, escalas Likert y Borg CR-10, análisis estadístico ANOVA y tamaños del efecto.	Evaluar cómo diferentes posiciones en la bicicleta (ángulos de rodilla y tronco) influyen en la percepción subjetiva de confort, fatiga y dolor.	Posiciones con mayor flexión de rodilla y tronco se relacionan con mayor incomodidad, fatiga y dolor, especialmente en lumbar y extremidades inferiores.
---	--	--	--

VI. RESULTADOS

Los estudios analizados coinciden en señalar que el patrón flexor sostenido en la práctica del ciclismo de ruta es un factor determinante en la aparición del dolor lumbar. Las estrategias de intervención aplicadas incluyen principalmente entrenamiento de la musculatura core, ajustes biomecánicos en la bicicleta y modificaciones posturales. En conjunto, estos enfoques muestran efectos positivos al disminuir la intensidad, la

frecuencia o la aparición del dolor lumbar en ciclistas sometidos a posiciones prolongadas de flexión.

El fortalecimiento del core fue la intervención más repetida, con evidencia consistente sobre su eficacia. Se observaron mejoras clínicas significativas en la reducción del dolor tras aplicar rutinas de estabilización lumbopélvica. Estas intervenciones permitieron compensar el estrés mecánico generado por el patrón flexor prolongado, al mejorar el control neuromuscular y la resistencia de la musculatura profunda del tronco.

Por otra parte, se evaluaron estrategias centradas en ajustes biomecánicos de la bicicleta, demostraron que modificaciones en el ángulo del sillín y en la altura del manillar pueden cambiar la distribución de cargas en la columna lumbar. Estas adaptaciones, especialmente cuando fueron personalizadas, demostraron efectos preventivos al reducir la necesidad de mantener una flexión lumbar excesiva y constante durante el pedaleo.

También se abordaron estrategias educativas y de concientización postural. Un mayor control postural y mejor conocimiento de la técnica generan espontáneamente posiciones más funcionales, lo cual reduce la carga lumbar.

Las intervenciones más eficaces para tratar y prevenir el dolor lumbar relacionado al patrón flexor sostenido en ciclistas de ruta fueron aquellas que combinaron trabajo de core, ajuste ergonómico individualizado y educación postural. Estas estrategias actuaron sinérgicamente, reduciendo la sobrecarga lumbar, mejorando el control motor y permitiendo mayor tolerancia a la postura prolongada sobre la bicicleta.

VII. CONCLUSIONES

Esta investigación, mediante el análisis de artículos científicos tuvo como objetivo principal corroborar la intervención kinésica, para prevenir y/o tratar el dolor lumbar relacionados al patrón flexor sostenido en ciclistas de ruta.

El dolor lumbar asociado al patrón flexor sostenido en ciclistas de ruta tiene un abordaje efectivo cuando se aplican estrategias de intervención combinadas. Las más eficaces fueron aquellas que mejoraron la función del core, modificaron la postura activa del ciclista y adaptaron la bicicleta a sus características individuales.

El entrenamiento neuromuscular del core se destaca como eje central, ya que contribuye a estabilizar la columna y a distribuir de forma más eficiente las fuerzas durante el

pedaleo. La evidencia demuestra que una musculatura lumbopélvica activa y resistente amortigua el impacto del patrón flexor sostenido y disminuye la aparición del dolor.

Los ajustes biomecánicos sobre la bicicleta también demostraron efectos positivos, siempre que se apliquen de manera individualizada. Estos cambios redujeron la flexión lumbar excesiva y permitieron adoptar posturas más neutrales, sin comprometer el rendimiento. Su implementación debe acompañarse de evaluaciones periódicas por profesionales capacitados.

La educación postural y el entrenamiento de la conciencia corporal resultaron ser herramientas complementarias de gran valor. Intervenciones que incluyeron retroalimentación postural o instrucción técnica permitieron cambios espontáneos en la posición de pedaleo, reduciendo la carga sostenida sobre la región lumbar.

En conclusión, la prevención y el tratamiento del dolor lumbar asociado al patrón flexor en ciclistas de ruta requiere un abordaje kinésico integral. La evidencia científica señala que la combinación de estrategias como el entrenamiento del core, los ajustes ergonómicos y la educación postural constituye la intervención más completa y efectiva para disminuir la incidencia y la intensidad del dolor lumbar en este grupo. No obstante, resulta necesario continuar con investigaciones que incluyan poblaciones más amplias para fortalecer y consolidar estas evidencias.

VIII. Referencias bibliográficas

1. Kotler DH, Babu AN, Robidoux G. Prevention, Evaluation, and Rehabilitation of Cycling-Related Injury: CurrSportsMed Rep. 2016;15(3):199-206.
2. Clarsen B, Krosshaug T, Bahr R. Overuse Injuries in Professional Road Cyclists. Am J SportsMed. diciembre de 2010;38(12):2494-501.
3. Kaartinen S, Aaltonen S, Korhonen T, Rottensteiner M, Kujala UM, Kaprio J. Cross-sectional associations between the diversity of sport activities and the type of low back pain in adulthood. Eur J Sport Sci. octubre de 2020;20(9):1277-87.
4. Pérez Soriano P. Biomecánica Básica: Aplicada a la Actividad Física y el Deporte (Color). 1st ed. Badalona: Paidotribo; 2016. 1 p. (Entrenamiento Deportivo Series).
5. Bini RR, Hunter JR. Pain and body position on the bicycle in competitive and recreational road cyclists: A retrospective study. SportsBiomech. 3 de abril de 2023;22(4):522-35.
6. Swart J, Holliday W. Cycling Biomechanics Optimization—the (R) Evolution of Bicycle Fitting. CurrSportsMed Rep. diciembre de 2019;18(12):490-6.
7. Saldarriaga L, Galvis J, Bautista D. Guía de ciclismo de ruta. Bogota, Colombia. Obtenido de http://kimera.com/data/redlocal/ver_demos/RLBVF/VERSION/RECURSOS/REFERENCIA%20ESCOLAR/4%20DEPORTES%20JUEGOS/Ciclismo%20Ben%20Bruta%20Baja.pdf. 2008.
8. Uribe Giraldo J. Evaluación del efecto de la postura de un ciclista de ruta en la resistencia aerodinámica.
9. Muyor JM. The influence of handlebar-hands position on spinal posture in professional cyclists. J Back Musculoskelet Rehabil. 26 de enero de 2015;28(1):167-72.
10. Röhr F, Federolf P, Mohr M. Ergonomic saddle design features influence lumbar spine motion and can reduce low back pain in mountain biking. SportsBiomech. 21 de diciembre de 2023;1-17.

11. Galindo Martínez A. Influencia del core en el rendimiento y el riesgo de lesión en el ciclismo [tesis doctoral] . Elche: Universidad Miguel Hernández de Elche. 2021
12. Fernández. A. Biomecánica en el gesto del pedaleo en el ciclismo la postura y flexibilidad en deportistas [Tesis grado]. Mar del Plata; Universidad FASTA; 2021.
13. Asplund C. Neck and Back Pain in Bicycling. 2005
14. Ayala.T; Sousa Matías.K; Oliveira. F. Kinesiología y biomecánica del ciclismo:una revisión R.Movimiento 2010.(3) 46-51
- 15 Marsden.M, Schwellnus.M. Dolor lumbar en ciclistas: una revisión de la epidemiología, patomecánica y factores de riesgo. Revista internacional SportMed, Vol.11 No.1, 2010, págs.216-225.
16. Latarjet M. Esqueleto de la columna vertebral. En: Latarjet M, editor. Tratado de anatomía humana. 5ta ed. Tomo 1. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2019.
- 17 Kapandji AI. La columna vertebral. En: Kapandji AI, editor. Fisiología articular – Tomo 3: Tronco y raquis. 6ª ed. Ciudad de México: Médica Panamericana; 2012.
18. Di Alencar TA, Matias KF, Bini RR, Carpes FP. Revisão etiológica da lombalgia em ciclistas. Revista Brasileira de Ciências do Esporte. 2011;33:507-28.
- 19 Streisfeld GM, Bartoszek C, Creran E, Inge B, McShane MD, Johnston T. Relación entre la posición corporal, la actividad muscular y la cinemática espinal en ciclistas con y sin dolor lumbar: Una revisión sistemática. Salud deportiva. Enero de 2017;9(1):75-9.
- 20 Galindo-Martínez A, López-Valenciano A, Albaladejo-García C, Vallés-González JM, Elvira JL. Los cambios en la cinemática del tronco y las extremidades inferiores debidos a la fatiga pueden predisponer a lesiones crónicas en el ciclismo. Revista internacional de investigación ambiental y salud pública. 2 de abril de 2021;18(7):3719.
- 21 Priego Quesada JI, Pérez-Soriano P, Lucas-Cuevas AG, Salvador Palmer R, Cibrián Ortiz de Anda RM. Efecto del bike-fit en la percepción de confort, fatiga y dolor. Revista de ciencias del deporte. 18 de julio de 2017;35(14):1459-65.

22. Edwards PI, Holsgrove TP. Vibración corporal total en carretera durante el ciclismo de ruta y el efecto de diferentes diseños de tija de sillín para minimizarla. *Revista de Ciencias del Deporte*. 4 de marzo de 2021;39(5):489-95.
23. Duarte.P. Papel de la fisioterapia deportiva en la salud del ciclista [Trabajo final de grado] Ipatinga: Colegio Pitagora de Ipatinga; 2022.
- 24 González.B. Programa de yoga con intervención remota/virtual enfocado a la prevención de síntomas asociados a carga postural en ciclistas "Amateur".Bogotá.Fundacion universitaria del Área Andina. 2021.<https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/a9136bba-203d-47f9-a148-ddb61fb2e4f1/content>