

¿Existe alguna relación entre la posición del ciclismo y la aparición de dolor lumbar? Una revisión sistematizada

Is there any relation between the position of cycling and the appearance of lower pain? A systematized review

*Andrés Fuentes, *Luciano Martínez, **, ***, ****Esteban Aedo-Muñoz, ***Ciro Brito, ****Bianca Miarka,
*David Arriagada-Tarifeño

*Universidad de Santiago (Chile), **Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (Chile), ***Universidad Federal de Juiz de Fora (Brasil), ****Universidad Federal de Rio do Janeiro (Brasil)

Resumen. Este trabajo analizó la relación entre la posición de flexión mantenida durante la práctica de ciclismo y la posible relación con dolor lumbar. Se llevó a cabo una revisión sistematizada a través del proceso PRISMA® entre 2015-2020, en las bases de datos PubMed, PEDro, Scopus y Web of Science, empleando los términos; «cycling», «cyclist», «position», «positioning», «overuse injury», «spinal biomechanics», «lower back», «lower back pain». Se seleccionaron 5 artículos que cumplieron con todos los criterios de inclusión. Los artículos seleccionados mostraron cambios en la inclinación pélvica, ángulos de flexión de tronco en tomas medias y bajas del manillar de bicicleta de ruta y bicicleta de montaña, variaciones del asiento más arriba o atrás de la posición adecuada según longitud entrepiernas, la posición de rodilla 40° y tronco 35° de manera simultánea cuando el pedal está en 180°, mientras que en posición anatómica se describieron; ángulo máximo de inclinación de pelvis en anteversión, ángulo máximo de inclinación de pelvis en retroversión y ángulo máximo de flexión lumbar se asocian con molestias o dolor lumbar. Sin embargo, es posible establecer que la asociación entre la práctica de ciclismo y el dolor lumbar no ha sido suficientemente estudiada, lo que nos hace inferir que surge la necesidad de actualizar la información con el objetivo de prevenir este tipo de lesiones asociadas a la posición en ciclismo.

Palabras claves: ciclismo, biomecánica, columna vertebral, dolor lumbar.

Abstract. This article analyzed the relationship between the flexion position maintained during cycling and the possible relationship with low back pain. A systematic review was carried out through the PRISMA process between 2015-2020, in the PubMed, PEDro, Scopus and Web of Science databases, using the terms; «cycling», «cyclist», «position», «positioning», «injury from overuse», «biomechanics of the spine», «lumbar region», «low back pain». Five articles were selected that met all the inclusion criteria. Selected articles showed changes in pelvic tilt, torso flexion angles in medium and low strokes of the handlebars of the road bike and mountain bike, variations of the highest seat or the appropriate backrest according to the groin length, knee position 40 and trunk 35° simultaneously when the pedal is at 180°, while in anatomical position they have been described; The maximum angle of pelvic tilt in anteversion, the maximum angle of pelvic tilt in retroversion and the maximum angle of lumbar flexion are associated with pain or discomfort in the lumbar region. However, it is possible to establish that the association between cycling and low back pain has not been sufficiently studied, which leads us to infer that there is a need to update the information in order to prevent this type of injury associated with the position in cycling.

Keywords: bicycling, biomechanics, spine, low back pain.

Introducción

El ciclismo se encuentra experimentado una expansión mundial y geográfica en aspectos competitivos como no competitivos (Nogueira Mendes, Farias Torbidoni & Pereira da Silva, 2021), utilizado principalmente como un hábito de movilidad urbana (Troncoso, Troncoso

Robles Dri Manfiolete & Toro-Arévalo, 2020). Esta relación entre deportista y bicicleta se desarrolla a través del movimiento cíclico sincrónico (Izquierdo, Echeverría & Morante 2008) de las extremidades inferiores caracterizado por ser un movimiento de cadena cinética cerrada y angular se realiza en sentido horario, permitiendo que cada articulación posea valores angulares semejantes y repetitivos a medida que producen cada ciclo de pedaleo, generando un bajo impacto a nivel articular (Fonda & Sarabon, 2010) a diferencia de otras prácticas de locomoción o movilidad urbana autogeneradas.

El aumento de ciclistas se asocia directamente al aumento de lesiones relacionadas a su práctica (Fonda & Sarabon, 2010), estas han clasificado en dos tipos; traumáticas y no traumáticas, donde las primeras se encuentran relacionadas con caídas sobre la bicicleta y/o accidentes de tránsito, generando fracturas, laceraciones o rupturas (Barrios, de Bernardo, Vera, Laíz, & Hadala, 2011). Por su parte, las lesiones de tipo no traumáticas se producen en su mayoría por sobrecarga o sobreuso de los movimientos cíclicos característicos de la práctica del deporte, afectando principalmente al miembro inferior (Clarsen, Krosshaug and Bahr, 2010), causando dolor de rodilla (Asplund & St Pierre, 2004; R. Bini, Hume & Croft, 2011; Clarsen et al., 2010; Wanich, Hodgkins, Columbier, Muraski & Kennedy, 2007), síndrome de la banda iliotibial (Holmes, Pruitt & Whalen, 1993), dolor de cadera (Wanich et al., 2007) y síndrome de estrés tibial lateral (Wanich et al., 2007). Otra dolencia común, son las molestias de columna producto de la flexión de tronco, propia de la postura sobre la bicicleta (Clarsen et al., 2010). En este contexto, hasta el 60% de los ciclistas sufren de dolores persistentes especialmente en el cuello y región lumbar (Mellion, 1991), siendo la más prevalente la lumbalgia (Clarsen et al., 2010; Deakon, 2012). El origen de estas lesiones es provocado por una combinación de factores; bajo nivel físico, equipo inadecuado, técnica deficiente y exceso de entrenamiento (Clarsen et al., 2010). Entre todas las lesiones por uso excesivo relacionadas con el ciclismo, las tasas de prevalencia más altas se han encontrado en la rodilla (23%) y la zona lumbar (16%) (B Clarsen et al., 2015; Clarsen et al., 2010; Schweltnus & Derman, 2005). El ciclista sobre la bicicleta adopta una posición natural de flexión del tronco para realizar el agarre del manillar durante la conducción, con propósito de disminuir el área frontal proyectada (Blocken, van Druenen, Toparlar & Andrienne, 2018) y mejora su aerodinámica, permitiéndole reducir las fuerzas de resistencia opuestas al movimiento (Blocken, Defraeye, Koninckx, Carmeliet & Hespel, 2013; Debraux, Grappe, Manolova & Bertucci, 2011; Fintelman, Sterling, Hemida & Li, 2014). Si bien estas posturas son aerodinámicamente eficientes, mantenerlas a lo largo del tiempo puede provocar dolor o molestias en la región lumbar (Balasubramanian, Jagannath & Adalarasu, 2014; Burnett, Cornelius, Dankaerts & O'sullivan, 2004; Van Hoof, Volkaerts, O'Sullivan, Verschueren & Dankaerts, 2012). La flexión lumbar sostenida o repetida se asocia con el dolor lumbar (Caldwell, McNair & Williams, 2003; O'Sullivan, Mitchell, Bulich, Waller & Holte, 2006)

aumentando el estrés de compresión intervertebral (Beach, Parkinson, Stothart & Callaghan, 2005; Dettori & Norvell, 2006; Schweltnus & Derman, 2005) que puede explicarse por la deformación de las estructuras viscoelásticas y la influencia mecánica de la columna vertebral como resultado de la carga constante en la zona (Little & Khalsa, 2005; Van Hoof et al., 2012) generando un desequilibrio permanente de la activación de los músculos flexores/extensores de la columna y provocando altas tasas de fatiga muscular a nivel lumbar.

De acuerdo con lo anteriormente señalado, es fundamental identificar y comprender las variables que influyen y determinan la aparición de lesiones relacionadas al ciclismo tanto en el atleta profesional como en el ciclista recreativo. Esto implica analizar desde el punto de vista biomecánico los mecanismos comunes por los cuales se generan las lesiones de tipo no traumático por uso excesivo. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es determinar, si en los últimos años existen estudios, que relacionan la posición de flexión de columna mantenida en el tiempo y la aparición de dolor lumbar en ciclistas. «¿Es la práctica de ciclismo en combinación con una posición de flexión mantenida en el tiempo un factor que determine variaciones biomecánicas de columna produciendo dolor lumbar en ciclistas?».

Materiales y Métodos

El estudio se realizó de acuerdo con las normas de una revisión sistematizada (Grant & Booth, 2009).

Fuente de datos

Para construir la base de estudios, se examinaron investigaciones y estudios que cumplieran con los criterios de elegibilidad, publicados desde el 01 diciembre 2015 hasta el 31 de diciembre 2020. Se utilizaron las siguientes bases de datos: PubMed, PEDro, Scopus y Web of Science, centrándose en la práctica del ciclismo y su relación con el dolor lumbar. La búsqueda inicial incluyó los siguientes términos generales en inglés: *cycling*; *cyclist*; *position*; *positioning*; *overuse injury*; *spinal biomechanic*; *lower back*; *lower back pain*. Para las palabras claves se utilizó la palabra booleandas de reducción específica [AND], a través de las siguientes combinaciones; «*Cycling AND Position*», «*Cycling AND Positioning*», «*Cycling AND Low Back*», «*Cycling AND Low Back Pain*», «*Cycling AND Spinal Biomechanic*», «*Cycling AND Overuse Injury*», «*Cyclist AND Position*», «*Cyclist AND Positioning*», «*Cyclist AND Low Back*», «*Cyclist AND Low Back Pain*», «*Cyclist AND Spinal Biomechanic*», «*Cyclist AND Overuse*

Injury», «*Position AND Overuse Injury*», «*Position AND Spinal Biomechanic*», «*Position AND Low Back*», «*Position AND Low Back Pain*», «*Positioning AND Overuse Injury*», «*Positioning AND Spinal Biomechanic*», «*Positioning AND Low Back*», «*Positioning AND Low Back Pain*», «*Spinal Biomechanic AND Low Back*», «*Spinal Biomechanic AND Low Back Pain*», «*Overuse Injury AND Low Back*» & «*Overuse Injury AND Low Back Pain*». Los resultados de la búsqueda inicial se recopilaron y examinaron en Zotero, donde se eliminaron los duplicados en todas las bases de datos.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: (i) muestra en adultos (27 a 59 años) o juveniles (13 a 26 años) (García-Ruiz, Díaz-Hernández, Rozo-Lesmes, and Espinosa de Gutiérrez, 2010); (ii) estudios de la posición del ciclista sobre la bicicleta; (iii) valoraciones biomecánicas o relacionadas; (iv) descripción de cambios biomecánicos y lesiones en zona lumbar.

Se excluyeron los estudios que pertenecieran a algunas de las siguientes categorías: a) publicados en forma de resumen, b) revisiones sistemáticas, c) no escritos en inglés o español, d) que no cumplieran con la formalidad o rigurosidad para nuestro estudio, e) con diseño metodológico de revisión de lesiones y programas de prevención de lesiones.

Dos revisores independientes llevaron a cabo la evaluación, y un tercer revisor en caso de desacuerdo. Los artículos fueron seleccionados según título y resumen, posteriormente se revisó el texto en extenso y, después se confirmó su inclusión o no en la investigación.

Recopilación de datos

Los datos fueron extraídos de todos los artículos considerados apropiados, según los criterios de elegibilidad. La información extraída de los artículos correspondió a: característica de la muestra, posición sobre la bicicleta, métodos de medición, variables de mediciones y resultados.

Riesgo de sesgo

Se realizó una evaluación de calidad de los estudios incluidos, con el propósito de evidenciar la validez y calidad metodológica de los estudios aleatorios y no aleatorios incluidos en la revisión, se utilizó la lista de verificación de Downs & Black (Downs & Black, 1998). Su puntuación máxima es de 27 puntos, donde los ítems del 1 al 10 tienen puntaje de 0 (no) y 1 (sí), los ítems 11 al 26 la puntuación va desde 0 – 1 – ND (no determina-

do) y el ítem 27 tiene puntuación distinta a las anteriores, donde el puntaje se expresa en una escala que va desde la puntuación 0 a la 5.

Resultados

Selección de estudios

La estrategia de búsqueda identificó 4044 artículos (Figura 1), de los cuales se eliminaron 9 por ser revisiones sistemáticas y 2 por no tener información de interés, posteriormente 2477 fueron eliminados por estar duplicados. Sus títulos y resúmenes se examinaron para determinar su idoneidad, lo que llevó a la inclusión de 5 artículos de texto completo.

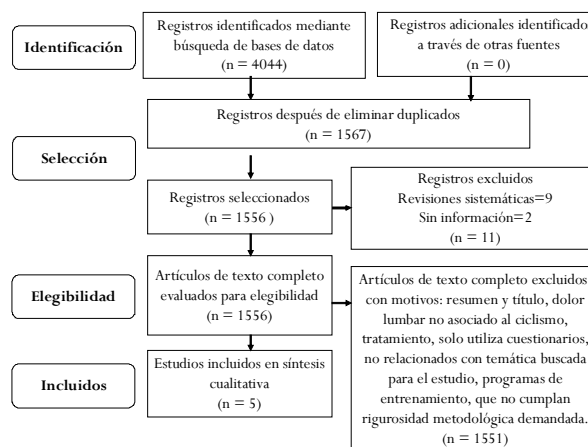


Figura 1. Proceso de selección de artículos PRISMA (Moher et al., 2009).

En Tabla 1 se detallan los artículos incluidos en cuanto: autor, muestra, método, variables y resultados.

Discusión

El propósito del presente estudio fue analizar las variaciones biomecánicas producidas por la posición flexionada sobre la bicicleta y aparición de dolor lumbar. Sin embargo, en los estudios incluidos es necesario mencionar que sus modelos no están completamente focalizados en la aparición de dolor lumbar durante la práctica de ciclismo. A pesar de ello, con los datos entregados por estos estudios se puede presumir que existen diferentes variables biomecánicas que pueden desencadenar la aparición de dolor lumbar en ciclistas.

Los trabajos de Brand et al. (2020), Muyor & Zabala (2015) y Zamiri et al. (2017) informaron sobre variaciones en la cinemática de columna en los ciclistas, donde se demostró que existieron cambios significativos en la inclinación anterior de tronco en relación con la posición inicial, viéndose afectada también la inclinación pélvica, lo cual conlleva a modificaciones a nivel de la

Tabla 1.

| Autor | Muestra | Método | Variables | Resultados |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muyor and Zabala, (2015) | 60 ciclistas profesionales [30 ciclistas de ruta, edad 32.6±8.05 años, estatura 1.74±0.5 m, peso 74.51±11.52 kg; 30 ciclistas de montaña, edad 31.7±4.87 años, estatura 1.76±0.62 m, peso 75.49±9.75 kg] 30 no ciclistas [edad 31.83±4.7 años, estatura 1.78±0.67 m, peso 74.03±10.9 kg] | Se evaluó en posición anatómica y plano sagital el ángulo de columna torácica, lumbar, columna total e inclinación pélvica. Posteriormente se solicitó al grupo de ciclistas de ruta que adoptaran tres posiciones en el manillar; superior, medio e inferior. Los ciclistas de montaña solo adoptaron la tomada del manillar de manera transversal. Los ciclistas pedalaron durante 5 minutos a una cadencia de 90 RPM y con una intensidad moderada, valorada por escala de Borg de 6-20 puntos. Después de los 5 minutos los deportistas se detuvieron con los pedales paralelos al piso y se les realizó la medición de las variables angulares mencionadas con Spinal Mouse System (diag, Fehraltdorf, Switzerland). | Sagital columna torácica Sagital columna lumbar Sagital inclinación pélvica Sagital columna total | Ciclistas de ruta Manillar Superior Sagital columna torácica 35.57±12.14° Sagital columna lumbar 23.13±9.49° Sagital inclinación pélvica 23.13±6.61° Sagital columna total 52.53±4.75° Manillar Medio Sagital columna torácica 35.07±13.09° Sagital columna lumbar 23.97±8.91° Sagital inclinación pélvica* 28.3±6.36° Sagital columna total* 58.1±5.26° Manillar Inferior Sagital columna torácica 36.47±11.07° Sagital columna lumbar 26.4±8.58° Sagital inclinación pélvica* 35.3±6.44° Sagital columna total* 67.83±5.60° Ciclistas de montaña Sagital columna torácica 38.27±9.59° Sagital columna lumbar 21.07±9.59° Sagital inclinación pélvica* 22.43±6.98° Sagital columna total* 49.43±5.17° |
| Verma, Hansen, de Zee, and Madeleine (2016) | 21 ciclistas recreacionales [7=14; 7=7, edad 24.0±5 años, estatura 1.78±0.07 m, peso 74.0±10.3 kg, entrepiernas 85.5±3.8 cm] | El test de valoración se realizó en 6 posiciones diferentes, derivados de variaciones verticales y horizontales del asiento, realizando 10 minutos a 100 watts en cada posición con un descanso de 10 minutos entre posiciones. Posiciones Neutra: altura del sillín en 7=106% y 7=107% según la distancia entrepiernas y un ángulo del asiento de 74°. Que resulto en una altura de 90.2±3.6 cm y un ángulo de 74°. Arriba: altura del sillín fue de un 102% (+1.9±0.1 cm) según la posición Neutra. Que resulto en una altura de 92.0±3.7 cm y un ángulo de inclinación de 74.4°. Abajo: altura del sillín fue de un 98% (-1.9±0.1 cm) según la posición Neutra. Que resulto en una altura de 88.4±3.5 cm y un ángulo de inclinación de 73.5°. Adelante: la posición del sillín se adelantó 4.6±0.2 cm horizontalmente, resultando 105% del ángulo del asiento, entonces altura asiento 89.1±3.5 cm y un ángulo 77.7°. Atrás: la posición del sillín se retrasó 4.5±0.2 cm horizontalmente, resultando 95% del ángulo del asiento, entonces altura asiento 91.6±3.7 cm y un ángulo 70.3°. Repetición: La última posición es una repetición de la posición neutra, para comparar el posible deterioro de las otras posiciones sobre esta. Para la valoración se utilizó un cicloergómetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Jülich, Alemania). | Escala de disconformidad 0 a 10, donde 10 es la máxima disconformidad sobre la bicicleta en cada posición. EMGs, se valoró el nivel de activación muscular. •Vasto Medial. •Tibial Anterior. •Gastrocnemios. Fuerza en los pedales. Fuerza máxima. Fuerza mínima. Ángulo de Fuerza máxima. Centro de Fuerza mínima. Centro de presión. Desplazamiento medio COP antero-posterior. Desplazamiento medio COP latero-lateral. Desplazamiento DE COP antero-posterior. Desplazamiento DE COP latero-lateral. Entropía antero-posterior. Entropía latero-lateral. | Resultados en relación a la posición neutra: Arriba. •Aumento del malestar y disconformidad. •Gastrocnemios. •Aumento de la DE del COP. Abajo. •Disminuye actividades gastrocnemios. Adelante. •Disminuye actividad media y pico de los gastrocnemios. Atrás. •Aumento del malestar y disconformidad. •Aumento actividad EMG media de gastrocnemios. •Aumento DE COP. •Disminución de la entropía del COP. |
| Priego Quesada, Pérez-Soriano, Lucas-Cuevas, Salvador Palmer, and Cibrián Ortiz de Anda (2017) | 20 ciclistas varones de nivel de club [potencia aeróbica máxima 265±53 watts, edad 30.9±11.1 años, estatura 1.79±0.068 m, peso 75.5±9.9 kg, entrepiernas 85.5±3.8 cm] | Los participantes realizaron un test previo, en días anteriores. El test tuvo la característica incremental máximo en cicloergómetro con etapas de 1 minuto y un incremento de 25 watts en cada intervalo con una cadencia 90±3 RPM y un umbral tolerable de 87 RPM, con el propósito de determinar la potencia aeróbica máxima [Pomax] de cada participante. Los test experimentales consistieron en 3 posturas, medidas con la bicicleta vertical y pedal en posición de 180° del ciclo de pedaleo, las posiciones fueron determinadas por la rodilla [R40°, R30° y R20°] y flexión de tronco [T55°, T45° y T35°] en relación al plano transversal, entregando 9 combinaciones posibles. Los ciclistas pedalaron 45 min; 50% Pomax; 90±2 RPM, manteniendo la postura específica solicitada. Los participantes mencionaron la percepción de comodidad, fatiga y dolor 1 minuto después de terminar cada posición. Para la valoración se utilizó un cicloergómetro estacionario (Cardgirus Medical, Bikemarc, Sabadell, España), para la valoración cinemática se utilizó un modelo 2D usando Kinescan/IBV system (BV, Valencia, España), con una frecuencia de captura de 50Hz. La valoración de percepción se utilizó una escala Likert de 5 puntos (-2, -1, 0, 1, 2) donde los valores negativos son de percepción de comodidad negativa o dañina y valores positivos son de percepción de comodidad positiva (Pineau, 1982). Para la valoración de fatiga y dolor se utilizó la escala CR-10 de Borg (0 a 10) (Borg, 1990). | Posiciones de ciclismo R40° -T55°. R40° -T45°. R40° -T35°. R30° -T55°. R30° -T45°. R30° -T35°. R20° -T55°. R20° -T45°. R20° -T35°. Escala Likert (Pineau, 1982), la cual valoró la comodidad con escala de: -2, -1, 0, 2, 3. Escala de Borg CR-10 (Borg, 1990), la cual valoró la fatiga y dolor del test en las distintas posiciones en escala de 1 a 10. | La posición más confortable es la que presenta una flexión de rodilla de 30° y el tronco con una flexión de 55°. La posición menos confortable es la que presenta una flexión de rodilla de 40° y el tronco con una flexión de 35°. |
| (Zamiri et al., 2017) | 19 ciclistas con dolor crónico lumbar [edad 28.48±8.13 años, estatura 1.76±0.08 m, masa corporal 75.11±11.84 kg] 20 no ciclistas pero deportistas asintomáticos [fútbol=11; bádminton=5 y atletas de fondo=4] [edad 25.55±9.22 años, estatura 1.75±0.07 m, masa corporal 69.68±10.96 kg] | Todos los participantes completaron: 1) cuestionario demográfico y actividad deportiva; 2) Cuestionario sobre historia de dolor lumbar crónico; 3) Escala visual analoga para la percepción de dolor. Los sujetos realizaron pruebas de inclinación de tronco hacia adelante y retorno hacia atrás desde la posición de pie, con una velocidad de preferencia individual. Para la valoración se utilizó un sistema de captura de movimiento con marcadores en 3D, a través de 6 cámaras (Qualisys AB, Suecia) con una frecuencia de captura de 100Hz. La marcación se realizó en apófisis espinosa de la 3ª vértebra lumbar, 1ª vértebra sacra, punto más alto de la cresta ilíaca, trocánter mayor, cara posterior de la mitad del fémur, línea de articulación medial y lateral de la rodilla, y maléolo lateral. | Inclinación del tronco hacia adelante •Ángulo máximo de inclinación de pelvis. •Ángulo máximo de flexión lumbar. Inclinación del tronco hacia atrás. •Ángulo máximo de inclinación de pelvis. •Ángulo máximo de extensión lumbar. | Inclinación del tronco hacia adelante. Ángulo máximo de inclinación de pelvis. Ciclistas con DL = 45.7±1.88°. Deportistas sin DL = 50.99±1.48°. Ángulo máximo de flexión lumbar. •Ciclistas con DL = 81.4±2.85°. •Deportistas sin DL = 87.68±1.6°. Inclinación del tronco hacia atrás. Ángulo máximo de inclinación de pelvis. Ciclistas con DL = 45.66±2.02°. Deportistas sin DL = 51.86±1.6°. Ángulo máximo de flexión lumbar. Ciclistas con DL = 81.86±3.03°. Deportistas sin DL = 88.86±1.89°. Los resultados indican diferencias significativas entre los grupos en variables: •Ángulo máximo de inclinación de pelvis hacia adelante. •Ángulo máximo de inclinación de pelvis hacia atrás. •Ángulo máximo de flexión lumbar. Que podrían explicar el dolor lumbar crónico en la postura de ciclismo. |
| (Brand et al., 2020) | 12 ciclistas recreacionales [7=9, 7=3, edad 28±7 años, estatura 1.82±0.06 m, masa corporal 70±8 kg] | El diseño constó de 4 evaluaciones de 5 minutos cada una, con una intensidad moderada [nivel 11 en escala de Borg-20] con 10 minutos de pausa entre las valoraciones, las valoraciones fueron; neutra [distancia de alcance entre inicio del sillín a manillar], acortada [10% menos de la distancia neutra], neutro inclinado [igual al neutro y 10° de inclinación del sillín] y acortada-inclinado [igual al acortado y 10° de inclinación], estas evaluaciones fueron registradas con equipos de cinemática y electromiografía de superficie. Tanto la distancia de alcance (neutra y acortada) como el ángulo del sillín (horizontal e inclinación hacia abajo de 10°) se personalizaron para modificar la posición de la parte superior del cuerpo. Se determinó una configuración neutral individual mediante mediciones antropométricas basadas en un cálculo de Pitágoras como se indica en la ecuación. $L_{torso} = \sqrt{L_{mano}^2 + L_{codo}^2}$ La longitud del torso (L_{torso}) se midió con una cinta métrica rígida durante el sentado como la distancia entre la incisura yugular del esternón y el asiento plano, mientras que la longitud del brazo (L_{mano}) se determinó mediante la distancia entre el acromion y la cabeza del metacarpo (de Vey Mestdagh, 1998). La distancia de alcance en el entrenador de ciclismo se determinó midiendo la distancia desde la punta del sillín horizontal hasta el centro del manillar con una cinta métrica rígida. La inclinación del sillín hacia abajo se ajustó mediante el uso de una cuña de madera rectangular fabricada a medida con la longitud del sillín y un ángulo de inclinación de 10°. El estudio se realizó utilizando una bicicleta ajustable (Velochecker, Patria, Leopoldshöhe) equipado con un sillín estándar (Schneider Research Ergo Pro, Comfort Line, Kempton) y manillar recto. Además se utilizó un sistema de captura de movimiento con marcadores (VICON MX-T-20, Oxford, Reino Unido) con 8 cámaras infrarrojas y una frecuencia de captura 200Hz, sincronizada con un equipo de electromiografía de superficie (Myon, Kloten) con una frecuencia de 4000Hz en músculos; longissimus, multifidos y cabeza larga del tríceps braquial. | Cinematía •Extensión de cuello. •Inclinación anterior de tronco. •Inclinación anterior de pelvis. •Flexión lumbar. •Abducción de hombro. •Abducción de hombro. •Flexión de codo. Electromiografía de superficie %CVM Tríceps. %CVM Longissimus. %CVM Multifidos. | Los resultados cinemáticos de miembro inferior indicaron un cambio significativo de la inclinación hacia adelante del tronco sagital y la inclinación pélvica por posiciones de ciclismo, mientras que los ángulos intersegmentales de la columna lumbar y cervical permanecieron casi sin cambios. Los resultados cinemáticos de miembro superior también demostraron variaciones, en posición neutra la flexión de hombro aumento un 22% y 23% en comparación con posición de acortamiento y acortamiento-inclinado respectivamente, mientras que la inclinación neutra-inclinada incremento un 19% en comparación con la posición de acortamiento-inclinado; La abducción de hombro en la posición neutra mostró un aumento pequeño de 8% en relación a posición de acortada y acortada-inclinada. La flexión de codo en la posición neutra demostró una disminución de 13% y 15% en posición acortada y posición acortada inclinada. La actividad muscular también evidenció picos de activación cuando el ciclo de pedaleo se inició en 90° y 270° con magnitudes de 18% y 24% CVM respectivamente, para los músculos longissimus y multifidos se encontraron niveles máximos de activación de hasta 13% CVM cuando el ciclo de pedaleo estuvo en 180°. En las distintas posiciones no se encontraron diferencias significativas para los músculos longissimus y multifidos, mientras que para el músculo tríceps braquial sí demostró diferencias significativas, expresadas en niveles más bajos en posición neutra en comparación con la posición neutra-inclinada (-20%) y posición acortada-inclinada (-23%). |

Nota: m=Metros - RPM=revoluciones por minuto - EMGs=electromiografía de superficie - DE=desviación estándar - COP=centro de presión - R=rodilla - T=tronco - DL=dolor lumbar - CVM=contracción voluntaria máxima - * diferencias significativas (p<0.05)

columna torácica y lumbar, donde algunas alteraciones en estas curvaturas podrían influir en el desarrollo de dolor lumbar (Harrison, Colloca, Harrison, Janik, Haas & Keller 2005), en aspectos prácticos es importante considerar que los ciclistas de ruta poseen una mayor cifosis dorsal y menor lordosis lumbar, la que está relacionada con la edad (Muyor, Alacid, López-Miñarro & Casimiro, 2012) y posición que se adopta sobre la bicicleta, donde esta última se asocia con el propósito de disminuir el área frontal proyectada para mejorar su aerodinámica (García-López et al., 2008). La posición flexionada de la columna que realizan los ciclistas de ruta, de manera preferente, genera una tensión mecánica significativa en las curvaturas en el pilar posterior (Kapandji & Lacombe, 2007), esta flexión lumbar en los ciclistas han mostrado una mayor inclinación pélvica anterior cuando el agarre del manillar es más bajo y adelantado, en relación con el asiento, asociado con mayor carga en la columna y aumento en la presión intradiscal (Polga, Beaubien, Kallemeier, Schellhas, Lew, Buttermann & Wood 2004), son por estas presiones y cargas que es posible desencadenar la aparición de algún malestar inespecífico o dolor lumbar en la zona.

Existen elementos controversiales dentro de los estudios que identificaron la sensación de malestar, dolor y fatiga en ciclistas (Priego Quesada et al., 2017; Verma et al., 2016), Priego et al. (2017) menciona que la posición del tronco no influyó en la percepción de fatiga y dolor del ciclista, sin embargo Verma et al. (2016) identificaron efectos acumulativos en relación con sensaciones de malestar e incomodidad durante la práctica de ciclismo intermitente submáximos, durante los 60 minutos de ciclismo, en el cual las sensaciones de incomodidad aumentaron cuando el sillín variaba más arriba o más atrás de la posición neutra, sobre la elevación del sillín Staszkiwicz, Kawulak, Nosiadek, Omorzcyk & Nosiadek (2017) detallan que un aumento en la altura del sillín dejando la rodilla extendida totalmente, cuando el pedal está en 180°, provoca mayores tiempos de activación en los gastrocnemios laterales, lo que podría contribuir a la percepción de incomodidad por variaciones en la altura del sillín. A su vez, los resultados atribuidos a la variación del sillín mencionados por Verma et al. (2016) podría relacionarse con el tiempo prolongado de evaluación (1 hora total) sobre la bicicleta, mientras que los otros estudios utilizaron diferentes tiempos de duración en sus valoraciones, donde Priego Quesada et al. (2017) valoraron la comodidad a través de una prueba de 45 minutos a una intensidad moderada, y otro a través de una prueba total de 20 minutos con intensi-

dad moderada (Brand et al., 2020). Por tanto, el dolor causado en las estructuras de columna podría ser una consecuencia de un efecto acumulativa de la postura mantenida y repetitiva, más que solo un evento aislado.

La intensidad en ciclismo es un factor clave, siendo la potencia de salida el factor que mejor determina el nivel intensidad en que se encuentran trabajando los ciclistas en la relación ciclista-bicicleta, representada técnicamente como la relación de la potencia sobre el tiempo de pedaleo (Bini & Carpes, 2014). Solo los estudios de Priego Quesada et al. (2017) y Verma et al. (2016) utilizaron la potencia como unidad de intensidad, lo que podría manifestar mejores relaciones de estas intensidades con la fatiga. Mientras el trabajo de Brand et al. (2020) utilizó un cálculo estimado de potencia a través de valoraciones previas y controladas en el estudio a través de las revoluciones por minuto (RPM), el estudio de Muyor & Zabala (2015) controló la intensidad del pedaleo solo con RPM sin valoraciones previas y manteniendo 90 RPM. La utilización de las RPM, como medida de intensidad, es frecuente por su facilidad y bajo costo, donde la magnitud de 90 RPM es aún más común, pero es necesario mencionar que esta decisión de RPM se basa solo por el nivel de preferencia que tienen los deportistas en competencias (Lucía, Hoyos & Chicharro, 2001), sin embargo la evidencia de esta cadencia con asociación de economía de pedaleo es escasa (Hagberg, Mullin, Giese & Spitznagel, 1981), inclusive cadencias menores de 50-60 RPM reducen los niveles de lactato, ventilación, frecuencia cardiaca en comparación con 90 RPM para una misma potencia (Marsh & Martin, 1997), pero a su vez una cadencia de 90 RPM reduce la carga mecánica en la articulación femorrotuliana (Bini & Hume, 2013), lo que podría explicar estas RPM como preferencia de los ciclistas y las valoraciones.

El análisis de activación muscular a través de electromiografía de superficie (EMGs), se ha utilizado para registrar cambios en la carga de trabajo (Momeni, Faghri & Evans, 2014), cadencia de pedaleo (Sanderson, Martin, Honeyman & Keefer, 2006) y posiciones sobre la bicicleta (Dorel, Couturier & Hug, 2009), en este último aspecto Brand et al. (2020) mostró niveles picos de activación muscular de hasta un 13%RMS_{CVM} para los músculos longuísimo y multifido, cuando el ciclo de pedaleo se ubicaba en 180°, manteniendo un nivel de activación similar en todas las configuraciones de posicionamiento, lo cual supone un mayor estrés muscular en la zona lumbar producto de la elongación de los tejidos de columna al realizar la extensión de rodilla duran-

te los ciclos del pedaleo, pudiendo provocar lesiones por sobreuso en el largo plazo. Sin embargo, algunos autores mencionan que la fatiga muscular con EMGs debería valorarse con variables de; frecuencia mediana, integral de la señal y raíz media cuadrática (Dedering, Roos af Hjelmsäter, Elfving, Harms-Ringdahl & Németh, 2000; Laplaud, Hug & Grélot, 2006), de los cuales se menciona que aumentos en la integral de EMG y disminución de la frecuencia mediana en una prueba de rendimiento serían los mejores indicadores de fatiga (Edwards, 1981), donde el modelo de análisis de EMGs realizado por Brand et al. (2020) podría cuestionarse en este punto.

De los artículos incluidos en la revisión solo el presentado por Zamiri et al. (2017) incluyó en su muestra a ciclistas con dolor lumbar crónico previo al estudio, donde los ciclistas registraron una restricción de la inclinación pélvica máxima anterior durante la flexión de tronco, lo que es producto de un nivel de acortamiento de la musculatura isquiotibial que se presenta en ciclistas experimentados (Muyor, López-Miñarro & Alacid, 2013), junto con lo anterior este acortamiento de los isquiotibiales tiene relación con la postura de tronco y pelvis adoptada por los ciclistas en la interacción con la bicicleta (Gajdosik, Albert & Mitman, 1994), además de la percepción de dolor lumbar crónico presente en estos sujetos. En relación con la extensión lumbar, Zamiri et al. (2017) también demostraron restricciones en el ángulo máximo de extensión y en la inclinación pélvica máxima posterior en ciclistas con dolor lumbar crónico, un antecedente que evidencia esta pérdida de flexibilidad en los músculos se relaciona con la flexión intervertebral prolongada, propia de la posición en ciclismo, deformando los tejidos viscoelásticos y generando inestabilidad en el raquis lumbar (M Solomonow, Zhou, Baratta & Burger, 2003; Moshe Solomonow, Baratta, Banks, Freudenberg & Zhou, 2003).

Las principales limitaciones que presenta esta revisión, están relacionadas con la cantidad de estudios publicados durante el intervalo temporal seleccionado, adicionando que en la mayoría de los artículos los tamaños de muestra utilizados son pequeños y no significativos por tanto no extrapolables (Ab Rahman, 2013) a la población ciclista que se expande en el mundo de manera constante (Nogueira Mendes et al., 2021), adicionalmente una limitación metodológica del artículo de Muyor & Zabala (2015) en su valoración fue realizar tiempos similares y breves de las tres posturas sobre el manillar, los cuales se alejan de la realidad del ciclista en cada posición durante una carrera o entrena-

miento, ya que en las pruebas de resistencia o contrarreloj en ciclismo, el control subconsciente del sistema nervioso central actúa durante las pruebas de ciclismo bajo la intensidad seleccionada para posponer el agotamiento (Bini & Rossato, 2014). El control de intensidad del pedaleo en los distintos artículos es deficiente, ya que algunos solo utilizan RPM sin ser este un indicador de intensidad válido en ciclismo, siendo buenos indicadores la fuerza aplicada en los pedales o la potencia de salida aplicada por la bicicleta contra el suelo (Bini & Diefenthaler, 2010), mientras que la evaluación de fatiga es valorada a través de escalas de percepción las cuales no indagan en efectos acumulativos previos que podrían alterar sus resultados (Xián Mayo, Iglesias-Soler & Fernández-Del-Olmo, 2014; Xian Mayo, Iglesias-Soler & Kingsley, 2019). En general, estas limitaciones afectan la capacidad de comparar y asociar los resultados directamente entre los diferentes estudios.

Es necesario que en el futuro los estudios que indaguen sobre la posición sobre la bicicleta y dolor lumbar logren diseñar de manera más ecológica la recolección de los datos, colocando atención a estructuras temporales del ciclismo y las demandas energéticas asociadas con la carga externa.

Conclusión

Los resultados de esta revisión, si bien aportan información relevante respecto al comportamiento biomecánico de columna durante la práctica de ciclismo, no existe evidencia abundante entre dolor lumbar asociado a la práctica de ciclismo. Los principales cambios biomecánicos que se asocian con dolor lumbar de los artículos incluidos son; cambios en la inclinación pélvica, cambios en los ángulos de flexión de tronco en tomadas medias y bajas del manillar de bicicleta de ruta y bicicleta de montaña, variaciones del asiento más arriba o atrás de la posición adecuada según la longitud de la entrepiernas, la posición de rodilla 40° y tronco 35° de manera simultánea cuando el pedal está en 180°, mientras que en posición anatómica se describieron; ángulo máximo de inclinación de pelvis en anteversión, ángulo máximo de inclinación de pelvis en retroversión y ángulo máximo de flexión lumbar. Es necesario que futuros estudios se orienten a realizar evaluaciones durante períodos más prolongados, que se asemejen lo más posible a los tiempos de práctica de ciclismo real, mejor control de la carga externa y asociados con gasto energético durante la prueba. Del mismo modo es válido plantear, para el debate, que la postura podría ser una

consecuencia y no la causa del dolor lumbar.

Referencias

- Ab Rahman, J. (2013). Sample size in research. When can you break the rule? *International Medical Journal Malaysia*, 12(2), 1–2. <https://doi.org/10.31436/imjm.v12i2.501>
- Asplund, C., & St Pierre, P. (2004). Knee pain and bicycling: fitting concepts for clinicians. *The Physician and Sportsmedicine*, 32(4), 23–30. <https://doi.org/10.3810/psm.2004.04.201>
- Balasubramanian, V., Jagannath, M., & Adalarasu, K. (2014). Muscle fatigue based evaluation of bicycle design. *Applied Ergonomics*, 45(2), 339–345. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.04.013>
- Barrios, C., de Bernardo, N., Vera, P., Laíz, C., & Hadala, M. (2011). Clinical patterns and injury exposure rates in elite road cycling are changing over the last decade. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 341 LP – 341. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2011.084038.89>
- Beach, T.A. C., Parkinson, R. J., Stohart, J. P., & Callaghan, J. P. (2005). Effects of prolonged sitting on the passive flexion stiffness of the in vivo lumbar spine. *The Spine Journal / Official Journal of the North American Spine Society*, 5(2), 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.07.036>
- Bini, R., & Carpes, F. (2014). *utilizaron*. In *Biomechanis of Cycling* (pp. 23–32). London: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05539-8>
- Bini, R., Hume, P.A., & Croft, J. L. (2011). Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury risk and cycling performance. *Sports Medicine*, 41(6), 463–476. <https://doi.org/10.2165/11588740-000000000-00000>
- Bini, R., & Diefenthaler, F. (2010). Kinetics and kinematics analysis of incremental cycling to exhaustion. *Sports Biomechanics*, 9(4), 223–235. <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.540672>
- Bini, R., & Hume, P.A. (2013). Effects of workload and pedalling cadence on knee forces in competitive cyclists. *Sports Biomechanics*, 12(2), 93–107. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.731428>
- Bini, R., & Rossato, M. (2014). Kinetics and Pedaling Technique. In *Biomechanics of Cycling* (Springer, pp. 43–53). London: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-05539-8>
- Blocken, B., Defraeye, T., Koninckx, E., Carmeliet, J., & Hespel, P. (2013). CFD simulations of the aerodynamic drag of two drafting cyclists. *Computers & Fluids*, 71, 435–445. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2012.11.012>
- Blocken, B., van Druenen, T., Toparlar, Y., & Andrienne, T. (2018). Aerodynamic analysis of different cyclist hill descent positions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 181, 27–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.08.010>
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16 Suppl 1, 55–58. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>
- Brand, A., Sepp, T., Klöpfer-Krämer, I., Müßig, J. A., Kröger, I., Wackerle, H., & Augat, P. (2020). Upper Body Posture and Muscle Activation in Recreational Cyclists: Immediate Effects of Variable Cycling Setups. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(2), 298–308. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1665620>
- Burnett, A. F., Cornelius, M. W., Dankaerts, W., & O'sullivan, P. B. (2004). Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: a comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects—a pilot investigation. *Manual Therapy*, 9(4), 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.math.2004.06.002>
- Caldwell, J. S., McNair, P. J., & Williams, M. (2003). The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 18(8), 704–711. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(03\)00117-7](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(03)00117-7)
- Clarsen, B., Bahr, R., Heymans, M. W., Engedahl, M., Midtsundstad, G., Rosenlund, L., Thorsen, G., & Myklebust, G. (2015). The prevalence and impact of overuse injuries in five Norwegian sports: Application of a new surveillance method. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(3), 323–330. <https://doi.org/10.1111/sms.12223>
- Clarsen, Benjamin, Krosshaug, T., & Bahr, R. (2010). Overuse injuries in professional road cyclists. *American Journal of Sports Medicine*, 38(12), 2494–2501. <https://doi.org/10.1177/0363546510376816>
- DeVey Mestdagh, K. (1998). Personal perspective: in search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325–334. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(97\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(97)00080-X)
- Deakon, R. T. (2012). Chronic musculoskeletal conditions associated with the cycling segment of the triathlon; prevention and treatment with an emphasis on proper bicycle fitting. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(4), 200–205. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e3182688fa0>
- Debraux, P., Grappe, F., Manolova, A. V., & Bertucci, W. (2011). Aerodynamic drag in cycling: Methods of assessment. *Sports Biomechanics*, 10(3), 197–218. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.592209>
- Dederling, A., Roos af Hjelmsäter, M., Elfving, B., Harms-Ringdahl, K., & Németh, G. (2000). Between-days reliability of subjective and objective assessments of back extensor muscle fatigue in subjects without lower-back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology / Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 10(3), 151–158. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(00\)00009-2](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(00)00009-2)
- Dettori, N. J., & Norvell, D. C. (2006). Non-traumatic bicycle

- injuries/ : a review of the literature. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(1), 7–18. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636010-00002>
- Dorel, S., Couturier, A., & Hug, F. (2009). Influence of different racing positions on mechanical and electromyographic patterns during pedalling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19(1), 44–54. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00765.x>
- Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 52(6), 377–384. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>
- Edwards, R. H. (1981). Human muscle function and fatigue. *Ciba Foundation Symposium*, 82, 1–18. <https://doi.org/10.1002/9780470715420.ch1>
- Fintelman, D. M., Sterling, M., Hemida, H., & Li, F.-X. (2014). Optimal cycling time trial position models: aerodynamics versus power output and metabolic energy. *Journal of Biomechanics*, 47(8), 1894–1898. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.02.029>
- Fonda, B., & Sarabon, N. (2010). Biomechanics of Cycling. *Sport Science Review*, 19(1–2), 187–210. <https://doi.org/10.2478/v10237-011-0012-0>
- Gajdosik, R. L., Albert, C. R., & Mitman, J. J. (1994). Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(4), 213–219. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.4.213>
- García-López, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Juneau, C.-E., Peleteiro, J., Martínez, A. C., & Villa, J. G. (2008). Reference values and improvement of aerodynamic drag in professional cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 26(3), 277–286. <https://doi.org/10.1080/02640410701501697>
- García-Ruiz, S., Díaz-Hernández, T., Rozo-Lesmes, P., & Espinosa de Gutiérrez, G. (2010). El enfoque poblacional: las personas como centro de las políticas. *Revista de Investigaciones En Seguridad Social y Salud*, 12, 129–142. Retrieved from http://uvsalud.univalle.edu.co/escuelas/rehabilitacion/Logros/Publicaciones/523_11_el_enfoque_poblacional_las_personas%5B1%5D.pdf
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(1), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Hagberg, J. M., Mullin, J. P., Giese, M. D., & Spitznagel, E. (1981). Effect of pedaling rate on submaximal exercise responses of competitive cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 51(2), 447–451. <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.51.2.447>
- Harrison, D. E., Colloca, C. J., Harrison, D. D., Janik, T. J., Haas, J. W., & Keller, T. S. (2005). Anterior thoracic posture increases thoracolumbar disc loading. *European Spine Journal / Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 14(3), 234–242. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0734-0>
- Holmes, J. C., Pruitt, A. L., & Whalen, N. J. (1993). Iliotibial band syndrome in cyclists. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(3), 419–424. <https://doi.org/10.1177/036354659302100316>
- Izquierdo, M., Echeverría, J. M., & Morante, J. C. (2008). Estructura y análisis del movimiento. In *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte* (Medica Pan, p. 770).
- Kapandji, A. I., & Lacombe, M. T. (2007). *Fisiología articular: dibujos comentados de mecánica humana. Raquis, cintura pélvica, raquis lumbar, raquis torácico y tórax, raquis cervical, cabeza*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Laplaud, D., Hug, F., & Grélot, L. (2006). Reproducibility of eight lower limb muscles activity level in the course of an incremental pedaling exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology / Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 16(2), 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2005.04.002>
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration. *BMJ*, 339(2700), doi:10.1136/bmj.b2700.
- Little, J. S., & Khalsa, P. S. (2005). Human lumbar spine creep during cyclic and static flexion: creep rate, biomechanics, and facet joint capsule strain. *Annals of Biomedical Engineering*, 33(3), 391–401. <https://doi.org/10.1007/s10439-005-1742-x>
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (2001). Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1361–1366. <https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00018>
- Marsh, A. P., & Martin, P. E. (1997). Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(9), 1225–1232. <https://doi.org/10.1097/00005768-199709000-00016>
- Mayo, Xián, Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*, 119(3), 825–837. <https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- Mayo, Xian, Iglesias-Soler, E., & Kingsley, J. D. (2019). Perceived Exertion Is Affected by the Submaximal Set Configuration Used in Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(2), 426–432. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001886>
- Mellion, M. B. (1991). Common cycling injuries. Management and prevention. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 11(1), 52–70. <https://doi.org/10.2165/00007256-199111010-00004>

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Altman, D., Antes, G., ... Tugwell, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Momeni, K., Faghri, P. D., & Evans, M. (2014). Lower-extremity joint kinematics and muscle activations during semi-reclined cycling at different workloads in healthy individuals. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11, 146. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-146>
- Muyor, J. M., & Zabala, M. (2015). Road Cycling and Mountain Biking Produces Adaptations on the Spine and Hamstring Extensibility. *International Journal of Sports Medicine*, 37(1), 43–49. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555861>
- Muyor, José M, López-Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2013). The Relationship Between Hamstring Muscle Extensibility and Spinal Postures Varies with the Degree of Knee Extension. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(6), 678–686. <https://doi.org/10.1123/jab.29.6.678>
- Muyor, José Manuel, Alacid, F., López-Miñarro, P., & Casimiro, A. (2012). Evolución de la Morfología del Raquis e Inclinación Pélvica en Ciclistas de Diferentes Edades: Un Estudio Transversal. *International Journal of Morphology*, 30, 199–204. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000100036>
- Nogueira Mendes, R., Fariás Torbidoni, E., & Pereira da Silva, C. (2021). Eventos de bicicleta de montanha em Portugal: características, distribuição temporal e espacial e ocorrência sobre a rede nacional de áreas protegidas e classificadas. *RETOS. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 2041(39), 216–223. <https://doi.org/https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78368>
- O'Sullivan, P. B., Mitchell, T., Bulich, P., Waller, R., & Holte, J. (2006). The relationship between posture and back muscle endurance in industrial workers with flexion-related low back pain. *Manual Therapy*, 11(4), 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.04.004>
- Pineau, C. (1982). The psychological meaning of comfort. *Applied Psychology*, 31(2), 271–282. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.1982.tb00097.x>
- Polga, D. J., Beaubien, B. P., Kallemeier, P. M., Schellhas, K. P., Lew, W. D., Buttermann, G. R., & Wood, K. B. (2004). Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29(12), 1320–1324. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000127179.13271.78>
- Priego Quesada, J. I., Pérez-Soriano, P., Lucas-Cuevas, A. G., Salvador Palmer, R., & Cibrián Ortiz de Anda, R. M. (2017). Effect of bike-fit in the perception of comfort, fatigue and pain. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1459–1465. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215496>
- Sanderson, D. J., Martin, P. E., Honeyman, G., & Keefer, J. (2006). Gastrocnemius and soleus muscle length, velocity, and EMG responses to changes in pedalling cadence. *Journal of Electromyography and Kinesiology/ : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 16(6), 642–649. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2005.11.003>
- Schwellnus, M. P., & Derman, E. W. (2005). Common injuries in cycling: Prevention, diagnosis and management. *South African Family Practice*, 47(7), 14–19. <https://doi.org/10.1080/20786204.2005.10873255>
- Solomonow, M., Zhou, B.-H., Baratta, R. V., & Burger, E. (2003). Biomechanics and electromyography of a cumulative lumbar disorder: response to static flexion. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 18(10), 890–898. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(03\)00173-6](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(03)00173-6)
- Solomonow, Moshe, Baratta, R. V., Banks, A., Freudenberger, C., & Zhou, B. H. (2003). Flexion-relaxation response to static lumbar flexion in males and females. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 18(4), 273–279. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(03\)00024-x](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(03)00024-x)
- Staszkiwicz, R., Kawulak, M., Nosiadek, L., Omorczyk, J., & Nosiadek, A. (2017). Effect of Changes in Cycle Ergometer Settings on Bioelectrical Activity in Selected Muscles of the Lower Limbs. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 24(4), 228–234. <https://doi.org/10.1515/pjst-2017-0022>
- Troncoso, L., Troncoso Robles Dri Manfioleto, S., & Toro-Arévalo, S. (2020). Procesos educativos vivenciados en la práctica social mecánica de bicicleta. *Retos*, 38, 102–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.74280>
- Van Hoof, W., Volkaerts, K., O'Sullivan, K., Verschuere, S., & Dankaerts, W. (2012). Comparing lower lumbar kinematics in cyclists with low back pain (flexion pattern) versus asymptomatic controls—field study using a wireless posture monitoring system. *Manual Therapy*, 17(4), 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.math.2012.02.012>
- Verma, R., Hansen, E. A., de Zee, M., & Madeleine, P. (2016). Effect of seat positions on discomfort, muscle activation, pressure distribution and pedal force during cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology/ : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 27, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.02.003>
- Wanich, T., Hodgkins, C., Columbier, J.-A., Muraski, E., & Kennedy, J. G. (2007). Cycling injuries of the lower extremity. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 15(12), 748–756. <https://doi.org/10.5435/00124635-200712000-00008>
- Zamiri, S., Yazdi, M., Mehravar, M., Takamjani, I. E., Ahmadi, A., & Maroufi, N. (2017). The relationship between prolonged sitting position and adaptive alterations in lumbar spine and pelvic range of motion in cyclists with chronic low back pain. *Journal of Family Medicine*, 15(10), 23–27. <https://doi.org/10.5742/MEWFM.2017.93132>