

El reto de ajustar la bicicleta a la mujer: situación actual y perspectivas futuras.

The challenge of bikefit in women: current situation and future prospects

Herrero-Molleda, A.,¹ & García-López, J.¹

1. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de León.

Resumen: Llevar una postura correcta sobre la bicicleta durante la práctica de ciclismo de carretera es muy importante para prevenir lesiones y mejorar el confort, el rendimiento y la seguridad. Una revisión de la literatura revela que un gran porcentaje de ciclistas sufre molestias ocasionadas por un incorrecto ajuste de la bicicleta o tipo de sillín utilizado. Entre las más comunes caben mencionarse el entumecimiento en la zona perineal, la excoriación o la hematuria. Específicamente en mujeres se ha detectado que tanto los diferentes modelos como los métodos de ajuste del sillín utilizados no son verdaderamente útiles, siendo las molestias en la zona perineal más frecuentes que en hombres. A la vista de estos problemas, en los últimos años se han desarrollado modelos de sillín específicos para mujer. Sin embargo, sólo unos pocos estudios han analizado el efecto de éstos sobre el confort en las mujeres durante el pedaleo.

Palabras clave: ciclismo de carretera; sexo; bike-fit; confort.

Abstract: Having a correct bike-fit while cycling is one of the main factors affecting performance, comfort and efficiency, as well as injury prevalence. A literature review shows that a large number of cyclists experience some discomfort due to poorly bike fit or saddle type choices, been saddle soreness, chafing or haematuria the most common. When it comes to female cyclists, neither the currently used bikefit methods nor the saddle types have been found to be effective, as saddle soreness is even more common in women than men. As a result, some women's specific saddles have been developed in the last couple of years. However, the amount of research conducted on this topic is still scarce.

Key Words: road cycling; sex differences; bike-fit; comfort.

Introducción

El ciclismo es un deporte de resistencia en el cual los deportistas pasan una gran cantidad de tiempo montados encima de sus bicicletas. Es por ello esencial que la bicicleta se encuentre ajustada específicamente a las dimensiones corporales y la técnica de cada practicante, dado que es uno de los factores principales que afectan a la magnitud de las fuerzas producidas por los músculos (Bini & Carpes, 2014). Por esta razón, llevar una postura correcta encima de la bicicleta es muy importante a fin de prevenir lesiones y mejorar el confort, rendimiento, eficiencia y seguridad (Burke, 2002; Silberman et al., 2005). Recientes estudios han reforzado esta idea, demostrando que mediante un buen ajuste de la bicicleta se produce una mejora en la comodidad del ciclista y una reducción de las molestias, si bien, no se ha podido demostrar su incidencia en las lesiones. Lo anterior se debe a que se requiere un mayor tiempo de seguimiento de los ciclistas estudiados y un análisis prospectivo, para poder obtener resultados concluyentes (Priego-Quesada et al., 2019).

El ajuste de una bicicleta dependerá de la modalidad de ciclismo practicada, pero, en general, se pueden diferenciar 3 áreas de contacto entre el ciclista-bicicleta: pedales-zapatillas, sillín-pelvis y manos-manillar. Para lograr un ajuste óptimo es fundamental conseguir que el peso se reparta en dichas áreas de contacto (Burke, 2002). Igualmente, la bicicleta está compuesta por dos grandes bloques que han sido denominados como altura de la postura (que se compone de las medidas de la altura del sillín, la longitud de la biela, la posición del pie sobre el pedal y el retroceso del sillín); y la longitud de la postura (distancia sillín-manillar y la diferencia de altura sillín-manillar) (de Vey Mestdagh, 1998). Otros autores utilizan estas mismas medidas de referencia, pero hablan de dos grandes cadenas musculares (Henke et al., 2002): la de producción y transmisión de la fuerza (compuesta por las extremidades inferiores y los reglajes que las afectan) y la de conducción y estabilización (compuesta por las extremidades superiores y el tronco, y por los reglajes de la bicicleta que las afectan), respectivamente.

En la Figura 1, se ilustran las principales medidas de ajuste de una bicicleta (Ferrer-Roca, 2017), a las que habría que sumar la elección del tipo de sillín utilizado (de Vey Mestdagh, 1998). La posición del pie sobre el pedal hace referencia al anclaje de la zapatilla sobre el pedal (cuando se utilizan pedales automáticos), que puede regularse en sentido longitudinal, medial y de rotación (Ferrer-Roca, 2017). La longitud de la biela es la distancia desde el eje de pedaleo hasta el eje del pedal (Ferrer-Roca et al., 2017). La geometría del plato hace referencia a su forma circular o no circular (Rodríguez-Marroyo et al., 2009). La altura del sillín es la distancia, siguiendo el tubo del sillín, entre el centro del eje de pedaleo y la parte media superior del sillín (Zarzoso et al., 2015). El retroceso del sillín es la distancia horizontal desde la punta del sillín a la vertical que cruza el centro del eje de pedaleo (Ferrer-Roca, 2017). El largo de manillar es la distancia desde la parte anterior del sillín hasta la parte transversal del manillar (Ferrer-Roca, 2017), mientras que la diferencia de alturas sillín-manillar es la distancia vertical existente entre la parte superior del sillín y del manillar (de Vey Mestdagh, 1998). Finalmente, el tamaño del cuadro es la longitud del tubo horizontal de la bicicleta, dibujando una línea paralela al suelo entre los centros del tubo del manillar y del sillín (Zani, 2010).

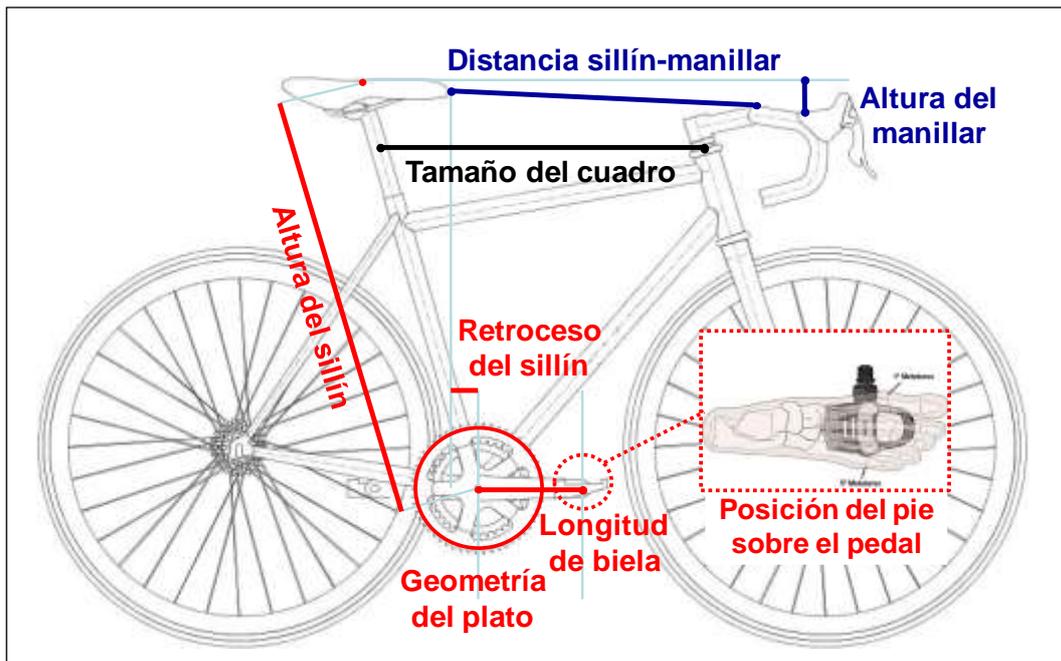


Figura 1.-Principales medidas de ajuste de la bicicleta (a partir de Ferrer-Roca., 2017): en rojo las medidas relacionadas con la cadena de producción y transmisión de fuerza; en azul las relacionadas con la cadena de conducción y estabilización (Henke et al., 2002)

Ajuste de la bicicleta al ciclista: métodos y referencias

En general, se identifican tres métodos de ajuste de la bicicleta al ciclista (a partir de Ferrer-Roca et al., 2012, para el ajuste de la altura del sillín), de los cuales, los dos primeros se llevan a cabo en condiciones estáticas, mientras que el último se realiza mientras el ciclista pedalea (Figura 2):

1. **Antropometría.** Es el método que tradicionalmente más se ha utilizado, y realiza el ajuste de la bicicleta a partir de medidas antropométricas del ciclista (*i.e.*; estatura, altura trocánterea, altura de la entepierna, longitud de las extremidades superiores y tronco, etc.). Ha sido y sigue siendo muy útil para una primera aproximación al ajuste de una bicicleta, aunque presenta carencias, ligadas a no tener en cuenta otras variables como la técnica de pedaleo o la flexibilidad de los ciclistas, lo que provoca que aproximadamente la mitad de ellos se encuentren fuera del rango considerado como óptimo (Ferrer-Roca et al., 2012).
2. **Goniometría estática.** Este método toma como referencia ángulos registrados en posiciones estáticas del ciclista (*e.g.*; ángulo del tronco respecto a la horizontal del suelo, ángulo del tronco y los brazos, ángulo de flexión de rodilla estando el pedal en su punto más bajo, etc.). Así, por ejemplo, al estudiar el ángulo de flexión de la rodilla para determinar la altura del sillín, supone un avance respecto al método antropométrico, ya que permite individualizar esta medida a las características de cada ciclista (Ferrer-Roca, 2017). Estudios que han comparado ambos métodos han concluido que la goniometría estática, respecto a la antropometría, es más recomendable para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones (Peveler et al., 2007; Peveler, 2008). Sin embargo, este método tampoco es del todo preciso, debido a que no se tienen en cuenta algunos aspectos que pueden influir en la flexo-extensión de la rodilla durante el pedaleo, como son la flexión plantar y el rango de movimiento del tobillo (Ferrer-Roca et al., 2012).

3. **Goniometría dinámica.** El ajuste de la bicicleta por goniometría dinámica es el único método que registra las angulaciones y comportamiento cinemático de las articulaciones durante el pedaleo (e.g.; ángulos de flexo-extensión de cadera, rodilla y tobillo, etc.). En líneas generales se ha demostrado que este método es el más preciso de los tres mencionados, porque asegura un ajuste individualizado de la bicicleta a las características antropométricas y físicas, así como a la técnica de pedaleo del ciclista (Ferrer-Roca *et al.*, 2012; Ferrer-Roca, 2017).

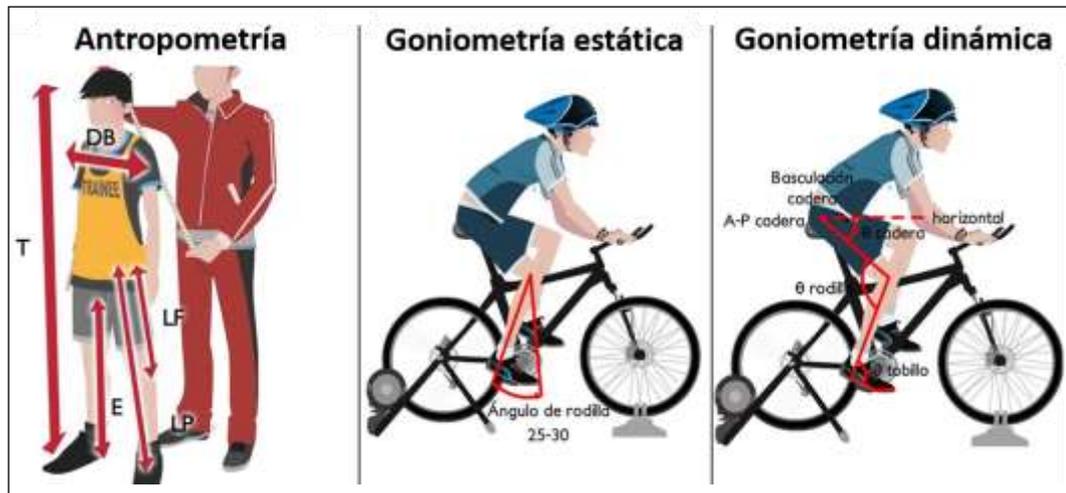


Figura 2.- Ilustración de los métodos utilizados para el ajuste de la bicicleta: antropometría, goniometría estática y goniometría dinámica. Donde T= talla; LP= Longitud de la pierna; E= Altura de la entepierna; LF= Longitud del fémur; DB= Diámetro biacromial; □= Ángulo; A-P cadera= Movimiento antero-posterior de la cadera.

Utilizando una combinación de estos tres métodos, podemos tomar en consideración las siguientes referencias para ajustar la bicicleta al ciclista (hombre, porque apenas existen estudios realizados con mujeres). Se comentarán primero las variables que afectan al funcionamiento de las extremidades inferiores (cadena de producción y transmisión de la fuerza) y, a continuación, las que afectan a las extremidades superiores y el tronco (cadena de conducción y estabilización).

- **Altura del sillín.** Es la medida de la bicicleta que más afecta a la biomecánica del pedaleo y, por lo tanto, la que se ha estudiado de manera más amplia. Utilizando zapatillas y pedales automáticos, se ha establecido que la altura efectiva del sillín (altura del sillín más la longitud de la biela) debe ser entre un 109-110% de la altura de la entepierna (Ferrer-Roca *et al.*, 2012) o un 102% de la altura trocánterea (Rankin & Neptune, 2010). Igualmente, estudios realizados con goniometría estática (Peveler *et al.*, 2007; Peveler, 2008) recomiendan un ángulo de flexión de rodilla entre 25-35° (145-155° si se mide por la parte posterior de la rodilla), estando el ciclista sentado encima de la bicicleta, en posición estática, con el pedal paralelo al suelo y situado a 180° de giro de biela (en el punto muerto inferior). Por último, la recomendación de 25-35° de flexión de rodilla durante la evaluación estática podría corresponder a una flexión de 30-40° durante la evaluación dinámica en 2D (Ferrer-Roca *et al.*, 2012). Las referencias para el análisis en 2D de los ángulos de cadera y tobillo en extensión (Figura 2) serían de 60-65° y 130-140°, respectivamente (Bini *et al.*, 2010a y 2010b; García-López *et al.*, 2009 y 2016). Si el estudio se realiza en 3D, estos valores serían 2-3° mayores en cadera y rodilla, y similares en tobillo (García-López & Abal del Blanco, 2017).

- **Longitud de la biela.** Recientes estudios han abordado la problemática del correcto ajuste de la biela, ya que, en esencia, contribuye a la altura efectiva del sillín. Así, para el ciclismo de carretera, se recomienda utilizar una longitud de biela entre el 20-21% de la diferencia entre la talla y la talla sentado (Martin & Spirduso, 2001), lo que viene a ser similar a un 20% de la altura de la entepierna (Belluye & Cid, 2001). Asumiendo que la altura de la entepierna representa aproximadamente un 47-49% de la estatura (Ferrer-Roca et al., 2012;2014), una referencia más genérica podría ser que ciclistas de estatura inferior a 160, 170 y 180 cm deberían utilizar bielas de 160, 165 y 170 mm, siendo las bielas de 172.5 y 175 mm recomendables para ciclistas de más de 180 y 185 cm, respectivamente. Además, en caso de duda entre dos longitudes, se debería seleccionar una biela más corta en detrimento de una más larga (Ferrer-Roca et al., 2017).
- **Retroceso del sillín.** La Unión Ciclista Internacional (UCI) obliga a mantener un retroceso del sillín igual o superior a 5 cm, aunque por motivos morfológicos (ciclistas de baja estatura), se puede reducir esa distancia, siempre y cuando la parte más adelantada de la rodilla no supere horizontalmente el eje del pedal (UCI, 2019). Estas restricciones van dirigidas principalmente a las bicicletas utilizadas en las pruebas de contrarreloj, donde los ciclistas utilizan tubos de sillín más verticales, lo que provoca una disminución del retroceso, a la vez que les permite flexionar el tronco en mayor medida y reducir el área frontal con la que se enfrentan al viento (García-López, 2009), sin que la flexión de cadera respecto a la horizontal del suelo sea muy acusada (Price & Donne, 1997). No está claro que el retroceso del sillín afecte en gran medida al rendimiento aeróbico o anaeróbico del pedaleo, pero sí a la posición del tronco, permitiendo adoptar posiciones más aerodinámicas en las pruebas de contrarreloj (son las pruebas de menor distancia y duración del ciclismo de carretera). Sin embargo, en pruebas de mayor distancia o duración, cierto retroceso es recomendado con el objetivo de prevenir posibles lesiones por sobreuso en la rodilla, pudiendo tomarse, como una posible referencia, entre 4.5 y 8.7 cm para ciclistas con una altura de la entepierna entre 74 y 92 cm (entre 155 y 190 cm de estatura), respectivamente (Belluye & Cid, 2001).
- **Geometría del plato.** Durante los últimos 100 años, diferentes autores han intentado mejorar la potencia mecánica máxima y/o la eficiencia de pedaleo cambiando factores como la forma del plato, la posición de las bielas o combinando ambos factores (García-López, 2009). La evidencia científica sugiere que la utilización de sistemas de pedaleo no circular no ha sido efectiva para la mejora del rendimiento aeróbico (propio del ciclismo de carretera), y que sólo determinados sistemas que combinaron varios mecanismos obtuvieron una mejora en la potencia máxima de pedaleo (Rodríguez-Marroyo et al., 2009). Los platos ovalados más utilizados en la actualidad permiten cambiar la dirección de aplicación de la fuerza, variando el patrón de activación muscular de las extremidades inferiores (Strutzenberger et al., 2014), pero no el rendimiento aeróbico ni anaeróbico durante el pedaleo (Leong et al., 2017). Por lo tanto, la recomendación a día de hoy sería utilizar platos de geometría circular frente a los de geometría no circular.
- **Posición del pie sobre el pedal.** Históricamente se han identificado 3 tipos de pedal para la práctica del ciclismo: plano (no tiene ningún tipo de fijación), rastral (el pie se sujeta al pedal mediante unas cintas o material rígido) y automático (en la suela de la zapatilla hay unos anclajes denominados “calas” que se fijan a pedal) (Paton, 2009; Too, 1990). La posición del pie sobre el pedal en estos últimos viene determinada por la colocación de la “cala”, que tiene 3 grados de libertad respecto a la zapatilla: antero-posterior, medio-lateral y rotación externa-interna. Al utilizar pedales automáticos se recomienda colocar la “cala”, en sentido antero-posterior, de forma que el eje del pedal quede exactamente alineado con la cabeza del primer metatarso del ciclista (de Vey Mestdagh, 1998; Silberman et al., 2005; Zani, 2010). En sentido medio-lateral, una aproximación medial de la “cala” permite que los pies se separen más entre sí y viceversa. En el ciclismo de

carretera, la distancia horizontal entre los pedales de la bicicleta (factor Q) es habitualmente de unos 150 mm, que podría modificarse con la estrategia anteriormente comentada. La reducción del factor Q a valores entre 90 a 120 mm podría mejorar levemente (0.3%) la eficiencia gruesa de pedaleo (Disley y Li, 2014), mientras que un exceso en la reducción de este factor podría conllevar molestias en la parte exterior de la rodilla (*e.g.*; síndrome de cintilla iliotibial) (de Vey Mestdagh, 1998; Silberman et al., 2005; Zani, 2010). Por último, la mayoría de las “calas” permiten que la zapatilla tenga cierto movimiento de rotación externa-interna sobre el pedal (llamado flotación) y que va a determinar la rotación del pie respecto al eje antero-posterior de la bicicleta. En este sentido, es recomendable una rotación neutral (0°), que permita que las zapatillas vayan paralelas al cuadro de la bicicleta. Sin embargo, actualmente se desconoce el rango óptimo de rotación desde un punto de vista científico (Bini & Carpes, 2014).

- **Largo del manillar y diferencia de alturas sillín-manillar.** Es necesario conocer que estas medidas están directamente relacionadas con la posición del tronco y de los brazos del ciclista (también conocida como cadena de estabilización), afectando tanto al confort como a la aerodinámica. De igual forma, es posible que sean las que mayor variabilidad presenten entre ciclistas de características antropométricas similares, puesto que se ven influenciadas por otros factores como la experiencia en ciclismo o la flexibilidad (García-López, 2009). En líneas generales, la distancia sillín-manillar debe corresponderse con 0.65 veces la altura de la entepierna (García-López, 2009), mientras que lo ideal es que la diferencia de alturas oscile entre 5-8 cm, estando el manillar por debajo del sillín, dependiendo de las características mencionadas. Una vez ajustadas ambas variables, en pruebas de larga duración se recomienda que el tronco tenga una inclinación de unos 40-45° respecto al suelo con el ciclista con sus manos apoyadas en las manetas de freno de la bicicleta, y de unos 30° si el agarre se produce en la parte baja del manillar (de Vey Mestdagh, 1998; Silberman *et al.*, 2005; Zani, 2010). En pruebas de contrarreloj, la diferencia de alturas puede ser mayor que 5-8 cm, y la inclinación del tronco se reduce hasta los 10-20°, utilizando manillares especiales (García-López et al., 2008).

Problemas derivados de un incorrecto ajuste de la bicicleta

Relacionado con las lesiones, en el ciclismo se pueden diferenciar, en función de su origen, dos tipos. Las lesiones por sobreuso, producidas como consecuencia de un patrón de movimiento repetitivo incorrecto, y que representan aproximadamente la mitad de las lesiones (46-52% del total), y las lesiones traumáticas, que son aquellas sufridas en un evento traumático puntual, como una caída, y que representan aproximadamente la otra mitad (48-54% restante) (Barrios et al., 2014; de Bernardo *et al.*, 2012).

La principal causa de las lesiones por sobreuso sufridas por los ciclistas es un incorrecto ajuste de la bicicleta (Silberman et al., 2005), siendo necesario que las bicicletas estén ajustadas específicamente a las dimensiones corporales y la técnica de cada ciclista (Bini & Carpes, 2014). Así pues, una mala elección de la altura del sillín provocaría alteraciones en los ángulos de flexo-extensión de cadera y rodilla durante el pedaleo (*i.e.*; una excesiva altura del sillín aumenta los grados de extensión de la rodilla y cadera) (Ferrer-Roca et al., 2012), lo que a su vez se relaciona con una disminución del rendimiento y un aumento del riesgo de lesión (Peveler, 2008). Algunos estudios se han encargado de analizar el efecto de longitud de la biela en las fuerzas propulsivas del pedaleo y la goniometría dinámica al pedalear (ya que condiciona la máxima flexión de rodilla), concluyendo que si su longitud es excesiva (*i.e.*; mayor del 21% de la estatura menos la talla sentado) disminuye la eficiencia mecánica de pedaleo y aumenta las variables asociadas al riesgo de lesión por sobreuso (*i.e.*; excesiva flexión de rodilla y cadera en el punto muerto superior del pedaleo) (Ferrer-Roca et al., 2017). Igualmente, otras variables de configuración de la bicicleta como el retroceso del sillín, también afectarían a la implicación muscular y el riesgo de lesión al

pedalear (Ferrer-Roca, 2017). En concreto, en mujeres se ha recomendado, sin basarse en ningún estudio experimental, que el retroceso sea diferente a los hombres (*i.e.*; mayor), para disminuir el riesgo de lesión por sobreuso (de Vey Mestdagh, 1998).

Silberman et al., (2005) señalaron las lesiones por sobreuso más comunes en ciclismo y su relación con las diferentes medidas de ajuste de la bicicleta (Tabla 1). También se han puesto de relieve otros posibles problemas derivados de la práctica del ciclismo, como pueden ser la excoriación, la disfunción eréctil, la uretritis (Potter et al., 2008) la hematuria o la infertilidad (Carpes et al., 2009a), aunque respecto a este último sólo se ha observado durante el período competitivo (Lucía et al., 1996).

Tabla 1.- Principales lesiones por sobreuso relacionadas con el incorrecto ajuste de la bicicleta (Silberman et al., 2005).

| Lesiones por sobreuso | Posible causa del problema |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Entumecimiento en la zona perineal | Excesiva altura del sillín o demasiado ángulo de inclinación anterior del sillín |
| Tendinopatía en tendón de Aquiles | Escasa o excesiva altura del sillín |
| Tendinopatía en tibial anterior | Excesiva altura del sillín |
| Molestias en la parte anterior de la rodilla | Escasa altura del sillín, excesiva longitud de biela o escaso retroceso |
| Molestias en la parte posterior de la rodilla | Excesiva altura o demasiado retroceso del sillín |
| Molestias en la parte medial de la rodilla | Excesiva rotación externa del pie o excesivo factor Q |
| Molestias en la parte lateral de la rodilla | Excesiva rotación interna del pie o demasiado retroceso del sillín |
| Entumecimiento del pie/Neuroma de Morton | Mala posición del pie sobre el pedal o zapatillas demasiado ajustadas |
| Dolor en la parte posterior del cuello | Excesiva distancia o diferencia de alturas sillín-manillar |
| Dolor en la zona baja de la espalda | Excesiva distancia sillín-manillar |
| Neuropatía cubital | Excesiva diferencia de alturas sillín-manillar o inclinación posterior del sillín |

En relación a las molestias y lesiones por sobreuso en las mujeres ciclistas, los primeros estudios indicaron un mayor porcentaje de molestias en las rodillas (Weiss, 1985), así como una mayor probabilidad de lesiones en el hombro y el cuello (Wilber *et al.*, 1995). Según lo referido en la Tabla 1, estas molestias estarían asociadas con la altura y el retroceso del sillín, y con la distancia o diferencia de alturas sillín-manillar, respectivamente. Estudios más recientes han observado molestias y lesiones más frecuentes como son el dolor y adormecimiento en la zona perineal, la disfunción sexual o urológica, problemas de piel, o las molestias en la zona genital (Larsen et al., 2018), todas ellas ligadas al tipo de sillín utilizado. En concreto, las molestias en la zona perineal son bastante más frecuentes en las mujeres ciclistas que en los hombres (Bressel & Larson, 2003).

Aparte de los estudios previamente mencionados, no se han encontrado más trabajos que diferencien, en función del sexo, el tipo de molestias asociadas a la práctica de ciclismo, a excepción de dos estudios realizados para comparar el ciclismo de montaña y carretera, donde las mujeres presentaban un mayor riesgo de lesiones traumáticas que los hombres (Decock et al., 2016; Kronisch *et al.*, 2002;). Por lo tanto, futuros trabajos deberían analizar las lesiones por

sobreuso de las mujeres ciclistas, su relación con el bike-fit y el confort, de una forma similar a como recientemente se ha llevado a cabo en hombres (Priego-Quesada et al., 2019).

Modelos de sillín específicos para mujer

Una vez conocidas las lesiones por sobreuso más frecuentes en mujeres ciclistas, que se producen alrededor de la zona genital, y que su incidencia es mayor que en los hombres (Bressel & Larson, 2003), en los últimos años, algunas de las marcas comerciales más importantes en el ámbito ciclista han comenzado a desarrollar modelos de sillín específicos para la mujer, adaptados a su anatomía. Los sillines específicos de mujer suelen caracterizarse por tener una mayor anchura que los sillines convencionales para hombres (*i.e.*; entre 150-180 mm y 130-155 mm, respectivamente) para adaptarse mejor a la mayor distancia entre tuberosidades isquiáticas que presentan las mujeres. Otras diferencias importantes que se pueden encontrar en el diseño son tanto en la composición, materiales y colocación del relleno, así como en la forma que estos presentan (Figura 3), a partir de la cual básicamente podrían agruparse en estándar, prostático y nuevos modelos (Herrero-Molleda & García-López, 2019 y 2020).



Figura 3.- Sillines específicos de mujer clasificados según su forma (Herrero-Molleda & García-López, 2019 y 2020).

Los sillines específicos de mujer han sido estudiados por diferentes autores, si bien no existe un claro consenso en relación a la geometría óptima para la mujer, variando las diferentes recomendaciones en función del estudio consultado. De esta forma, Bressel & Larson (2003) afirmaron que el sillín prostático sería más recomendable que los otros dos tipos de sillín (estándar y nuevos modelos), debido a que mantenía la estabilidad y el confort que otorgaba el sillín estándar, pero incrementaba a su vez la inclinación pélvica, lo que supuso que una mayor cantidad de peso corporal se distribuyera hacia el manillar. El sillín ovalado (nuevos modelos) incrementaba la flexión del tronco más que los otros dos sillines estudiados, pero comprometía tanto la estabilidad sobre la bicicleta como la comodidad de las ciclistas, por lo que no aconsejaban su uso.

Por contra, Guess et al., (2011) defendían que el sillín prostático generaba las presiones más altas en la zona circundante al agujero central del sillín, lo que se traducía en mayor presión para las mujeres en la zona perineal que con el sillín estándar. Es decir, el 80% de las 48 mujeres analizadas presentaron alta presión en esa zona. En cambio, el sillín estándar presentó 3 patrones diferentes de distribución de la presión: en las tuberosidades isquiáticas, en la zona posterior del sillín y en la zona perineal. También cabe mencionar que encontraron una relación inversa entre la anchura del sillín y la presión que se ejercía sobre él, puesto que, a mayor anchura, la presión total sobre el sillín y la presión sobre la zona perineal disminuían. Esto último concuerda con los resultados del estudio realizado por Potter et al. (2008), donde las mujeres presentaban una reducción de la presión normalizada anterior al utilizar un sillín más ancho en su zona posterior y medial, en comparación con un sillín de tamaño estándar.

De igual manera, Carpes et al., (2009b) manifestaron que las mujeres que usaban el sillín prostático tenían menores fluctuaciones en la presión sobre el sillín que los hombres durante cada

pedalada. Así mismo, encontraron que las presiones más altas se registraban en la región isquiática, reduciendo la presión sobre la zona perineal. Es por ello que estos autores también recomendaban su uso, además de por la comodidad que aportaba en comparación con los sillines ovalados o estándar.

Por último, cabe destacar que han surgido nuevos modelos de sillines específicos para mujeres que se caracterizan por poseer su parte frontal dividida en dos mitades, con un amplio canal en el medio. Un reciente estudio llevado a cabo por Larsen et al., (2018) comparó los sillines estándar con dos de estos modelos, teniendo uno de ellos una mayor distancia entre sus dos mitades. En la presión total no encontraron diferencias importantes, pero sí en la manera en que estos distribuían la presión. Los resultados indicaron que el sillín con mayor distancia entre sus mitades incrementó la presión en la zona anterior y la disminuyó en la zona posterior en comparación con los otros. El sillín intermedio presentó una mayor presión en la zona posterior, así como una menor variabilidad del centro de presiones. De esta manera se distribuía el peso desde las zonas sensibles a zonas menos sensitivas, lejos de la zona perineal, por lo que los autores concluyeron que este debía ser el sillín recomendado a las mujeres con molestias en dicha zona.

Por lo tanto, en líneas generales se puede concluir que el modelo de sillín tiene un amplio efecto sobre las molestias percibidas por las mujeres ciclistas, si bien aún no está claro qué geometría es la más adecuada.

Problemas detectados en el ajuste de la bicicleta en la mujer

Recientes trabajos han detectado problemas en el ajuste de la bicicleta en la mujer. Encarnación-Martínez et al., (2021) estudiaron los diferentes métodos de ajuste del sillín existentes, encontrando que ninguno de ellos era verdaderamente útil para las mujeres, ya que un alto porcentaje de las mismas quedaba fuera de los valores estándares de goniometría dinámica durante el pedaleo, si la altura del sillín era ajustada tomando como referencia las medidas antropométricas estándares de hombres. Estos autores alertaron que esta diferencia podría deberse fundamentalmente al tipo de sillín utilizado (*i.e.*; hombre *vs.* mujer), que condicionaría el punto donde se sentaban las mujeres. Igualmente, para una misma distancia entre el sillín y el eje de pedaleo, si las bielas de las mujeres no eran correctamente seleccionadas (*i.e.*; habitualmente no se comercializan bielas de longitudes inferiores a 170 mm, que son demasiado largas para una mujer de estatura estándar), la altura efectiva del sillín (*i.e.*; distancia entre el sillín y el pedal en su punto más alejado) sería mayor en mujeres que en hombres, así como la máxima flexión de rodilla al pedalear. Además, otros factores como el menor tamaño relativo del pie respecto a su estatura, así como la mayor anchura isquiática y anteversión de la pelvis de la mujer harían que la altura relativa del sillín en función de la longitud de la pierna fuese mayor para las mujeres, cuando utilizaban alturas ajustadas por referencias antropométricas que habían sido tomadas de los hombres (Encarnación-Martínez et al., 2021).

Una de las características morfológicas más importantes que diferencian a mujeres y hombres es la geometría pélvica, ya que la pelvis de la mujer es más ancha y más extensa. Por otra parte, también es menos alta, y proporcionalmente, el estrecho superior es más ancho y abierto (Kapandji, 2006). Así pues, si aplicamos esto a los posibles efectos que pueda tener en el ciclismo, si un hombre y una mujer se sentaran en la misma zona del mismo sillín, la mayor distancia entre las tuberosidades isquiáticas de la mujer reduciría la carga sobre las estructuras óseas posteriores e incrementaría la carga en la zona perineal (Potter et al., 2008). Otras diferencias ligadas al sexo ya comentadas consisten en que las mujeres comúnmente tienen un menor tamaño del pie (Encarnación-Martínez et al., 2021) y una mayor inclinación pélvica anterior (ángulo pélvico), con una diferencia de unos 3 a 4° aproximadamente (Nguyen & Shultz, 2007; Sauer et al., 2007). Esta mayor inclinación pélvica puede provocar que las mujeres deban sentarse, en un mismo tipo de sillín y en comparación con los hombres, en una posición más retrasada, para así poder apoyar completamente las tuberosidades isquiáticas (Encarnación-Martínez et al., 2021).

Esta hipótesis fue confirmada con los resultados de un estudio previo llevado a cabo en aproximadamente la mitad de las ciclistas de ruta participantes en la Copa de España de 2019 (Herrero-Molleda & García-López, 2019; 2020). En el mismo se registró, mediante un cuestionario, el lugar donde habitualmente las ciclistas de élite españolas solían sentarse en función del tipo de sillín utilizado (mujer vs. hombre). Así se obtuvo que las mujeres ciclistas que utilizaban sillines de hombre se sentaban más retrasadas en el sillín que las que utilizaban el sillín de mujer. Lo anterior afectaría directamente al retroceso y la altura efectivas del sillín (*i.e.*; distancia desde el eje de pedaleo al eje de rotación de la cadera y distancia desde el pedal al eje de rotación de la cadera, respectivamente), por lo que debería tenerse en cuenta a la hora de ajustar las medidas de la bicicleta (bike-fit). Además, se detectó que el confort medio al utilizar el sillín de mujer era mayor que al utilizar el sillín de hombre (4.2 vs. 3.8, respectivamente, en escala 1-5 de confort general), variando también las molestias específicas asociadas al uso de uno y otro tipo de sillín. El sillín de mujer provocaba menos molestias en las ciclistas que el sillín de hombre (40% vs. 61%, respectivamente), superando ampliamente los eventos de disconfort a aquéllos que han sido registrados en hombres (10%, Priego-Quesada et al., 2019). Estas molestias registradas en las mujeres ciclistas estaban localizadas en un mayor porcentaje en la zona anatómica delantera (al utilizar el sillín de mujer) y en la zona anatómica lateral (al utilizar el sillín de hombre).

Teniendo en cuenta lo expuesto con anterioridad, queda patente que el ajuste de la bicicleta de la mujer es un campo relativamente inexplorado hasta la fecha. Por lo tanto, futuros estudios deberían indagar en esta problemática con el objetivo de poder identificar tanto un modelo de sillín como un método de ajuste de la bicicleta óptimos para las mujeres ciclistas, que se ajusten a sus características morfológicas en mayor medida que los modelos y métodos usados en la actualidad.

Conclusiones

Actualmente existen suficientes referencias para realizar un correcto ajuste de la bicicleta (bike-fit) en hombres practicantes de ciclismo de ruta basándose en métodos antropométricos, de goniometría estática o dinámica. Esto contrasta con la escasa literatura encontrada sobre los criterios para realizar un bike-fit en mujeres ciclistas (Encarnación-Martínez et al. 2021).

Un correcto ajuste de la bicicleta disminuye el riesgo de lesión por sobreuso y aumenta el confort percibido por el/la practicante de ciclismo. Existen trabajos que analizan estas variables en hombres ciclistas (Priego-Quesada et al., 2019), siendo necesario replicarlos en mujeres practicantes de ciclismo. Los escasos trabajos que analizan las lesiones por sobreuso en mujeres ciclistas apuntan al sillín como principal causante de las molestias durante el pedaleo, y este, a su vez, podría tener un efecto cruzado en otras variables de ajuste de la bicicleta (*e.g.*; altura y retroceso efectivos del sillín) que potencialmente podrían incrementar el riesgo de lesión.

En mujeres ciclistas de élite españolas, se ha confirmado que tienen un mayor porcentaje de molestias cuando utilizan el sillín de hombre en comparación con un sillín de mujer (61 vs. 40%, respectivamente), siendo en ambos casos superior al descrito para ciclistas hombres (10%). A modo de conclusión general, existen escasos estudios que aborden la problemática del ajuste de la bicicleta a la mujer ciclista, siendo necesarios futuros trabajos sobre esta temática, tanto en el ciclismo de competición como de recreación, ya que varios de los aspectos comentados en la presente revisión pueden ser extrapolables al ciclismo recreativo.

Agradecimientos

A las ciclistas y directores de los equipos participantes en los estudios mencionados (Herrero-Molleda & García-López, 2019; 2020), así como al equipo ciclista femenino Rio Miera-Meruelo y a su directora (Cristina San Emeterio García), por haber asesorado y facilitado el acceso a las competiciones ciclistas. Al Consejo Superior de Deportes, por haber financiado la Red Española de Investigación del Rendimiento Deportivo en Ciclismo y Mujer (29/UPB/19 y 41/UPB/20), un

espacio donde se ponen en común y debaten diferentes aspectos que afectan al rendimiento deportivo de las ciclistas españolas.

Bibliografía

- Barrios, C., de Bernardo, N., Vera, P., Laíz, C., & Hadala, M. (2014). Changes in Sports Injuries Incidence over Time in World-class Road Cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 36(3), 241–248.
- Belluye, N., & Cid, M. (2001). Approche biomecanique du cyclisme moderne, donnees de la litterature. *Science and Sports*, 16(2), 71-87.
- Bini, R., & Carpes, F. P. (Eds.). (2014). *Biomechanics of cycling*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Bini, R., Diefenthaler, F., & Mota, C. (2010a). Fatigue effects on the coordinative pattern during cycling: Kinetics and kinematics evaluation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(1), 102-107.
- Bini, R., Tamborindéguy, A., & Mota, C. (2010b). Effects of saddle height, pedaling cadence, and workload on joint kinetics and kinematics during cycling. *Journal of Sport Rehabilitation*, 19(3), 301-314.
- Bressel, E., & Larson, B. J. (2003). Bicycle seat designs and their effect on pelvic angle, trunk angle, and comfort. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 327-332.
- Burke, E.R. (2002). *Serious Cycling. 2nd edition*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Carpes, F. P., Dagnese, F., Kleinpaul, J. F., de Assis Martins, E., & Mota, C. B. (2009a). Bicycle saddle pressure: Effects of trunk position and saddle design on healthy subjects. *Urologia Internationalis*, 82(1), 8-11.
- Carpes, F. P., Dagnese, F., Kleinpaul, J. F., de Assis Martins, E., & Mota, C. B. (2009b). Effects of workload on seat pressure while cycling with two different saddles. *Journal of Sexual Medicine*, 6(10), 2728-2735.
- de Bernardo, N., Barrios, C., Vera, P., Laíz, C., & Hadala, M. (2012). Incidence and risk for traumatic and overuse injuries in top-level road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 30(10), 1047–1053.
- Decock, M., De Wilde, L., Bossche, L. V., Steyaert, A., & Van Tongel, A. (2016). Incidence and aetiology of acute injuries during competitive road cycling. *British Journal of Sports Medicine*, 50(11), 669-672.
- Dettoni, N. J., & Norvell, D. C. (2006). Non-traumatic bicycle injuries. *Sports Medicine*, 36(1), 7-18.
- de Vey Mestdagh, K. (1998). Personal perspective: in search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325-334.
- Disley, B. X., & Li, F. X. (2014). The effect of Q factor on gross mechanical efficiency and muscular activation in cycling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(1), 117-121.

- Encarnación-Martínez, A., Ferrer-Roca, V., & García-López, J. (2021). Influence of sex on current methods of adjusting saddle height in indoor cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 519-526.
- Ferrer-Roca, V. (2017). *Comparación de diferentes métodos de ajuste de la bicicleta en ciclistas entrenados: Influencia de factores biomecánicos y energéticos* (Tesis Doctoral). Universidad de León: León.
- Ferrer-Roca, V., Bescos, R., Roig, A., Galilea, P., Valero, O., & García-López, J. (2014). Acute effects of small changes in bicycle saddle height on gross efficiency and lower limb kinematics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 784-791.
- Ferrer-Roca, V., Rivero-Palomo, V., Ogueta-Alday, A., Rodríguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2017). Acute effects of small changes in crank length on gross efficiency and pedalling technique during submaximal cycling. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1328-1335.
- Ferrer-Roca, V., Roig, A., Galilea, P., & García-López, J. (2012). Influence of saddle height on lower limb kinematics in well-trained cyclists: static vs. Dynamic evaluation in bike fitting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 3025-3029.
- García-López, J. (2009). Valoración biomecánica I. En Jiménez-Díaz, J., Terrados-Cepeda, N., Villa-Vicente, G., & Manonelles-Marqueta, P. (Eds), *Medicina y Fisiología del Ciclismo. Tomo I* (pp. 532-631). Barcelona: Nexus Médica Editores.
- García-López, J., & Abal de Blanco, P. (2017). kinematic analysis of bicycle pedalling using 2D and 3D motion capture systems. *Conference Proceedings. 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports*, 785-788.
- García-López, J., Díez-Leal, S., Rodríguez-Marroyo, J. A., Larrazabal, J., De Galceano, I. G., & Villa-Vicente, J. G. (2009). Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo. *Biomecánica*, 17(2), 9-20.
- García-López, J., Ogueta-Alday, A., Díez-Leal, S., Larrazabal, J., & Rodríguez-Marroyo, J. A. (2016). Differences in pedalling technique between road cyclists of different competitive levels. *Journal of Sports Sciences*, 34(17), 1619-1626.
- 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.
- Guess, M. K., Partin, S. N., Schrader, S., Lowe, B., LaCombe, J., Reutman, S., & Connell, K. A. (2011). Women's bike seats: A pressing matter for competitive female cyclists. *Journal of Sexual Medicine*, 8(11), 3144-3153.
- Henke, T.; Brach, M.; Suhr, S., & Marées, H. (2002). Investigaciones científico-biomecánicas: Aspectos del entrenamiento de la técnica en ciclismo de fondo en carretera. En J.R. Nitsch et al. (Eds.) *Entrenamiento de la técnica: contribuciones para un enfoque interdisciplinario* (pp. 274-328). Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Herrero-Molleda, A., & García-López, J. (2019). El sillín de la bicicleta en mujeres ciclistas de élite: Hábitos de uso y confort. *Libro de actas del I congreso internacional de innovación en el deporte: 25 años caminando juntos*. (pp. 90-91). Cáceres: Universidad de Extremadura.

- Herrero-Molleda, A., & García-López, J. (2020). Bicycle's saddle in elite female road cyclists: geometry preferences and comfort. En F. Dela, E. Müller, & E. Tsolakidis (Eds.), *Book of abstracts of the 25th Annual Congress of the European College of Sport Science* (pp. 355).
- Kapandji, A. I. (2006). *Fisiología articular, Tomo 3*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Kronisch, R. L., Pfeiffer, R. P., Chow, T. K., & Hummel, C. B. (2002). Gender differences in acute mountain bike racing injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12(3), 158-164.
- Larsen, A. S., Larsen, F. G., Sørensen, F. F., Hedegaard, M., Støttrup, N., Hansen, E. A., & Madeleine, P. (2018). The effect of saddle nose width and cutout on saddle pressure distribution and perceived discomfort in women during ergometer cycling. *Applied Ergonomics*, 70, 175-181.
- Leong, C. H., Elmer, S. J., & Martín, J. C. (2017). Noncircular chainrings do not influence maximum cycling power. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(6), 410-418.
- Lucía, A., Chicharro, J. L., Pérez, M., Serratos, L., Bandrés, F., & Legido, J. C. (1996). Reproductive function in male endurance athletes: sperm analysis and hormonal profile. *Journal of Applied Physiology*, 81(6), 2627-2636.
- Martin, J. C., & Spirduso, W. W. (2001). Determinants of maximal cycling power: crank length, pedaling rate and pedal speed. *European Journal of Applied Physiology*, 84(5), 413-418.
- Nguyen, A. D., & Shultz, S. J. (2007). Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(7), 389-398.
- Paton, C. D. (2009). Effects of shoe cleat position on physiology and performance of competitive cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(4), 517-523.
- Peveler, W. W. (2008). Effects of saddle height on economy in cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1355-1359.
- Peveler, W. W., Pounders, J. D., & Bishop, P. A. (2007). Effects of saddle height on anaerobic power production in cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1023-1027.
- Potter, J. J., Sauer, J. L., Weisshaar, C. L., Thelen, D. G., & Ploeg, H. L. (2008). Gender differences in bicycle saddle pressure distribution during seated cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1126-1134.
- Price, D., & Donne, B. (1997). Effect of variation in seat tube angle at different seat heights on submaximal cycling performance in man. *Journal of Sports Sciences*, 15(4), 395-402.
- Priego-Quesada, J. I., Kerr, Z. Y., Bertucci, W. M., & Carpes, F. P. (2019). A retrospective international study on factors associated with injury, discomfort and pain perception among cyclists. *PloS one*, 14(1), e0211197.
- Rankin, J. W., & Neptune, R. R. (2010). The Influence of Seat Configuration on Maximal Average Crank Power During Pedaling: A Simulation Study. *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 493-500.
- Rodríguez-Marroyo, J. A., García-López, J., Chamari, K., Córdova, A., Hue, O., & Villa-Vicente, J. G. (2009). The rotor pedaling system improves anaerobic but not aerobic cycling

- performance in professional cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 106(1), 87-94.
- Sauer, J. L., Potter, J. J., Weisshaar, C. L., Ploeg, H. L., & Thelen, D. G. (2007). Influence of gender, power, and hand position on pelvic motion during seated cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(12), 2204-2211.
- Silberman, M. R., Webner, D., Collina, S., & Shiple, B. J. (2005). Road bicycle fit. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15(4), 271-276.
- Strutzenberger, G., Wunsch, T., Kroell, J., Dastl, J., & Schwameder, H. (2014). Effect of chainring ovality on joint power during cycling at different workloads and cadences. *Sports Biomechanics*, 13(2), 97-108.
- Too, D. (1990). Biomechanics of cycling and factors affecting performance. *Sports Medicine*, 10(5), 286-302.
- UCI (2019). *Union Cycliste Internationale: Regulations*. Recuperado de: <https://www.uci.org/inside-uci/constitutions-regulations/regulations>
- Weiss, B. D. (1985). Nontraumatic injuries in amateur long-distance bicyclists. *American Journal of Sports Medicine*, 13(3), 187-192.
- Wilber, C. A., Holland, G. J., Madison, R. E., & Loy, S. F. (1995). An epidemiological analysis of overuse injuries among recreational cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 16(3), 201-206.
- Zani, Z. (2010). *Pedalear bien*. Madrid: Ediciones Tutor, S.A.
- Zarzoso, M., Pérez-Soriano, P., & Llana, S. (2015). La biomecánica en el ciclismo. En Pérez-Soriano, P., & Llana Belloch, S. (Eds.), *Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte* (pp. 481-509). Badalona, España: Editorial Paidotribo.