

CAMBIOS PRODUCIDOS EN CICLISTAS AMATEURS SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO, CONFORT, CINEMÁTICA ANGULAR Y PRESIONES EN FUNCIÓN DEL RETROCESO DEL SILLÍN E INTENSIDAD DEL EJERCICIO

Autores: Julia Rizo^{1*}, Pedro Pérez-Soriano^{1,2}, Alberto Encarnación-Martínez^{1,2}

¹ Grupo de Investigación en Biomecánica Deportiva (GIBD), Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Valencia, 46010 Valencia, España

² Red Española de Investigación del Rendimiento Deportivo en Ciclismo y Mujer (REDICYM), Universidad de Valencia, 46010 Valencia, España.

*Autor de correspondencia: jurial@alumni.uv.es

RESUMEN

El ciclismo es uno de los deportes más populares en todo el mundo y, uno de los más practicados en España. En este sentido, diferentes estudios han analizado el efecto de la altura del sillín sobre el rendimiento del ciclista, sin embargo, son escasos los estudios que analizan el efecto del retroceso del sillín. El presente trabajo de investigación pretende estudiar el efecto producido sobre el esfuerzo y confort percibido, las presiones en el sillín y en la cinemática angular de la extremidad inferior. Se llevó a cabo una prueba en cicloergómetro empleando 3 retrocesos del sillín (RS): libre, +10%, -10% y dos intensidades del ejercicio (baja y alta). La muestra estuvo compuesta por 34 ciclistas amateurs. El esfuerzo percibido solo fue significativamente mayor por el efecto de la intensidad durante la intensidad alta ($p < 0.001$, $ES = 0.728$). En cambio, el confort percibido y la cinemática mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en función del retroceso del sillín, la intensidad y el sexo de los ciclistas. Además, también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en función del retroceso y sexo en las presiones sobre el sillín. Una posición del sillín retrasada (+10%) produce una reducción de los niveles de confort, mayores niveles de extensión de cadera, rodilla y tobillo, así como una mayor presión máxima y media en la región del pubis. En cuanto a la intensidad de pedaleo, una intensidad alta aumenta la percepción del esfuerzo y disminuye los niveles de flexión en las extremidades inferiores.

Palabras clave: cicloergómetro, umbral ventilatorio, RPE, rendimiento, sillín.

CHANGES IN AMATEUR CYCLISTS ON PERCEIVED EXERTION, COMFORT, ANGULAR KINEMATICS AND PRESSURES AS A FUNCTION OF SADDLE SETBACK AND EXERCISE INTENSITY

ABSTRACT

Cycling is one of the most popular sports worldwide and one of the most practised in Spain. In this sense, different studies have analysed the effect of saddle height on the cyclist's performance, however, there are few studies that analyse the effect of saddle setback. The present research aims to study the effect on perceived effort and comfort, saddle pressures and angular kinematics of the lower limb. A cycloergometer test was carried out using 3 saddle setbacks positions: freely chosen, +10%, -10% and two exercise intensities (low and high). The sample consisted of 34 amateur cyclists. Perceived exertion was significantly increased only by the effect of intensity during the high intensity condition ($p < 0.001$, $ES = 0.728$). In contrast, comfort and kinematics showed significant differences ($p < 0.05$) as a function of saddle setback, intensity and gender of the cyclists. In addition, significant differences ($p < 0.05$) were also found as a function of saddle setback and sex in saddle pressures. A setback saddle position (+10%) results in reduced comfort levels, higher levels of hip, knee and ankle extension and higher maximum and average pressure in the pubic region. In addition, a high pedaling intensity increases perceived exertion and decreases flexion levels in the lower extremities.

KEY WORDS: Bicycle ergometer, ventilatory threshold, RPE, performance, saddle.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el ciclismo es uno de los deportes más populares en todo el mundo (Chiu et al., 2013) y, uno de los más practicados en España (Consejo Superior de Deportes, 2021). Al tratarse de un deporte cíclico, en el que el ciclista mantiene una postura inclinada en contacto con los pedales, el manillar y el sillín durante todo el tiempo de práctica, un ajuste inadecuado de los componentes de la bicicleta, situación habitual entre los ciclistas amateurs, podría afectar negativamente al rendimiento, así como provocar un mayor riesgo de lesiones por sobreuso (Herrero-Molleda & García López, 2021).

Entre las variables comúnmente analizadas durante el pedaleo, la posición del sillín influye, en otras variables relacionadas, al rendimiento y eficacia del pedaleo (Menard et al., 2018). Considerando que el sillín es uno de los grandes apoyos del ciclista sobre la bicicleta, el estudio de la presión que ejerce el ciclista sobre el sillín es analizado con frecuencia por su relación con la reducción de lesiones y las patologías perineales (Carpes et al., 2009), por su función en la configuración: inclinación y altura (Encarnación-Martínez et al., 2021), así como en menor medida analizado, el efecto del retroceso (Manigandan et al., 2021).

Asimismo, la percepción de confort de los ciclistas debe ser tomada en consideración a la hora de elegir la posición más beneficiosa sobre la bicicleta por su contribución a la mejora del rendimiento (Priego Quesada et al., 2017). Así, al igual que la altura del sillín, que ha sido ampliamente estudiada por su asociación con el dolor de rodilla, el aumento del consumo de oxígeno y la reducción de la economía de pedaleo (Bini & Priego-Quesada, 2022), el retroceso del sillín juega un papel importante en el rendimiento deportivo (Manigandan et al., 2021). Por lo tanto, la percepción del confort es un parámetro a tener en cuenta con relación a la comodidad de los ciclistas (Kraus et al., 2015), ya que más de la mitad de ellos describen las molestias del sillín como una condición limitante (Dettori & Norvell, 2006).

En cuanto al ajuste óptimo de la posición en la bicicleta, también se debería considerar la intensidad del pedaleo a la hora de evaluar la cinemática ya que los cambios compensatorios de las extremidades inferiores se producen durante las cargas de entrenamiento más elevadas (Swart & Holliday, 2019). Se observan cambios significativos en los ángulos de flexión del tobillo, rodilla, codo, zona torácica y la zona lumbar con el aumento de la intensidad (Holliday et al., 2018). Así pues, algunos autores han identificado la intensidad como un factor que influye en la manifestación de asimetrías relacionadas con la producción de potencia (Farrell et al., 2021) y cambios en el área de presión del sillín aumentando (Holliday et al., 2019) o disminuyendo (Ochoa-Puig et al., 2021) al incrementar la intensidad.

Por otro lado, dado que la mayoría de los estudios incluyen participantes masculinos (Hopker, Jobson et al., 2010), Encarnación-Martínez et al. (2021) evidencia la escasa literatura a cerca de los criterios para llevar a cabo un correcto ajuste de la geometría de la bicicleta en mujeres ciclistas. Por todo ello, el presente estudio pretende analizar el efecto producido sobre la percepción del esfuerzo y confort, la cinemática angular en las extremidades inferiores y las presiones en sillín por los cambios en el retroceso del sillín e intensidad de pedalada en ciclistas amateurs de ambos sexos.

MÉTODOS

Diseño del estudio

Debido al carácter de la investigación, se planteó el estudio en entorno de laboratorio. En el estudio las variables independientes (posición del sillín en el plano horizontal e intensidad de pedaleo) fueron controladas para registrar y estudiar los cambios en las variables dependientes (presión máxima, presión media, área de carga, flexión máxima de cadera/rodilla/tobillo, extensión máxima cadera/rodilla/tobillo...). De esta forma, se llevó a cabo un estudio experimental de medidas repetidas con una aproximación cuantitativa, sin grupo control y un muestreo intencional.

Asimismo, las posibles variables extrañas también fueron controladas mediante diversos mecanismos de control:

- La intensidad de pedaleo fue programada y se solicitó a los ciclistas que mantuvieran una cadencia constante a 90 rpm (revoluciones por minuto).
- En cuanto a la posición del ciclista sobre el cicloergómetro, se remarcó la importancia de mantener el agarre en las manetas, mirar hacia el monitor de cicloergómetro y no dejar de pedalear durante la prueba.
- Los ciclistas podían beber agua en cualquier momento de la prueba.

Población

El tamaño de la muestra se calculó en base al diseño de modelo lineal general de dos factores de medidas repetidas (software G*Power 3 versión 3.1, Düsseldorf, Alemania). El análisis permitió mostrar una muestra mínima de 30 ciclistas para detectar diferencias significativas en las variables analizadas, tomando como mínimo tamaño del efecto detectable de $f = 0.253$ (moderado) ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.05$, potencia = 0.91).

También se consideraron los siguientes criterios de inclusión:

- Los participantes debían ser ciclistas amateurs de entre 18 y 50 años.
- Los participantes no debían haber sufrido lesiones graves en las extremidades inferiores en los últimos 6 meses, ni presentar molestias en el momento del estudio.
- Los participantes no debían estar tomando medicación ni estimulantes momentos previos o durante el estudio que pudieran afectar al mismo.

Finalmente, la muestra se compuso por un total de 34 ciclistas aficionados, 20 hombres y 14 mujeres. En las siguientes tablas se muestran los estadísticos descriptivos de la muestra (Tabla 1) y las medidas geométricas de las bicicletas de los participantes (Tabla 2). En relación a la Tabla 2, se muestra el retroceso clásico, referente al retroceso que marca la UCI (Unión Ciclista Internacional), y descrito como la distancia horizontal desde la punta del sillín hasta el centro del eje pedalier. En cuanto al retroceso nuevo se refiere al medido como la distancia entre el centro del sillín hasta el centro del eje del pedal, incluyendo la longitud de la biela y el tipo de sillín del ciclista. A partir de estas mediciones se calcularon el resto de los retrocesos: adelantado (R2, -10%) y retrasado (R3, +10%).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la muestra

	Mujeres (n = 14)		Hombres (n = 20)	
	M	DE	M	DE
Edad (años)	35	10	30	8
Estatura (m)	1.64	0.06	1.72	0.05
Peso (kg)	60.3	6.4	69.3	6.5
Km/semana	120	57	197	101
Longitud entrepierna (cm)	76.4	4.3	80.9	4.0
Intensidad alta (W)	126.6	13.4	166.4	15.5
Intensidad baja (W)	156.7	16.6	208.0	19.4
IMC	18.33	1.73	20.1	1.7

Nota. M: media; DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; m: metros; kg: kilogramos; cm: centímetros; W: watts.

Tabla 2. Características de la bicicleta

	Mujeres		Hombres	
	M	DE	M	DE
Longitud de biela (mm)	171.1	2.5	171.8	2.3
Altura sillín (cm)	85.7	4.1	90.3	4.4
Retroceso clásico libre (cm)	3.0	2.2	4.8	1.9
Retroceso clásico adelantado (cm)	-0.2	1.9	1.2	1.7
Retroceso clásico retrasado (cm)	6.2	2.6	8.4	2.1
Retroceso nuevo libre (cm)	33.7	2.4	35.4	2.4
Retroceso nuevo adelantado (cm)	30.5	2.2	31.8	2.2
Retroceso nuevo retrasado (cm)	36.9	2.9	39.0	2.6

Nota. M: media; DE: desviación estándar; mm: milímetros; cm: centímetros.

Tratamiento estadístico

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el software comercial SPSS v25 (IBM Corp., Armonk, NY.). Se comprobó la normalidad de los datos con el test de ShapiroWilk ($n < 50$), y se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas. Los niveles de significación se ajustaron con la corrección de Bonferroni y en los casos en los que no se cumplió el supuesto de esfericidad, se recurrió al ajuste de Huynh-Feldt. Finalmente, se calculó el tamaño del efecto (ES) mediante la eta parcial al cuadrado (η^2) (Cohen, 1988) (pequeño = 0.01; moderado = 0.06; grande > 0.14) y el nivel de significación se estableció en $p < 0.05$.

Procedimiento/protocolos

Todos los ciclistas fueron analizados en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte del Campus de Ontinyent (Universidad de Valencia, Ontinyent, Valencia). Cada ciclista fue medido y evaluado en única sesión, en las 3 primeras semanas de febrero de 2022, en un ambiente de laboratorio controlado bajo las mismas condiciones de altitud, humedad y temperatura (382 m de altitud, 30% de humedad relativa, 16- 18 °C).

Los participantes llegaron al laboratorio con su propia bicicleta, calzados y con ropa de ciclismo después de un período de 48 horas sin haber realizado ninguna sesión de entrenamiento de alta intensidad. Tras la explicación de las características del estudio y la firma de los consentimientos informados, se registraron las medidas antropométricas con la ayuda de un tallímetro de pared (Seca 216®, Hamburg, Germany) y una báscula (Tanita MC 780-P, Tokyo Japan) y las medidas geométricas con una cinta antropométrica, una plomada y un cartabón (EncarnaciónMartínez et al., 2021).

Para la realización de la prueba se empleó el cicloergómetro Wattbike® (Wattbike Pro, Wattbike, Nottingham, England), y con la finalidad de controlar el efecto del orden, se asignaron las condiciones del estudio (intensidad y retroceso del sillín), empleando el software libre de aleatorización Randomization_v2. La prueba consistió en 10 minutos de calentamiento a una intensidad libre elegida por el ciclista (Ferrer-Roca et al., 2017) seguida de 5 minutos en cada uno de los retrocesos del sillín (condición de retroceso libre elegida (R1), condición de sillín adelantado (-10%, R2) y condición de sillín retrasado (+10%, R3)) e intensidades. La intensidad fue elegida atendiendo al estudio de Valenzuela et al. (2018) en el que se obtuvieron unos valores de Watio/kilogramos asociados a los umbrales ventilatorios en ciclistas recreacionales. Así pues, la intensidad relativa fue ajustada a cada participante en función de su sexo y peso (hombres: intensidad baja = 2.4 W/kg; intensidad alta= 3W/kg, mujeres: intensidad baja = 2.1W/kg; intensidad alta= 2.6 WW/kg). Asimismo, se estableció un descanso de 2 minutos entre intensidades y de 5 minutos entre posiciones del sillín (Figura 1) (Ferrer-Roca et al., 2017). En todos los descansos, los ciclistas bajaron de la bici y los investigadores realizaron los cambios pertinentes de intensidad o posición del sillín.

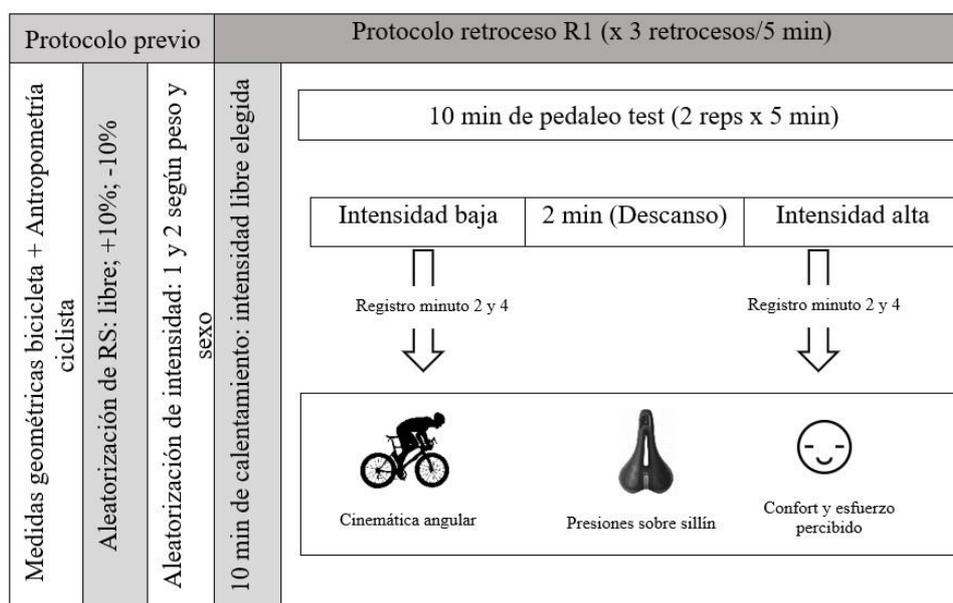


Figura 1: Representación esquemática del protocolo

Nota. RS: retroceso del sillín.

Se realizó un registro de las presiones ejercidas en el sillín y de los cambios en la cinemática angular durante 15 segundos en los minutos 2 y 4 del pedaleo y, después de cada intensidad se registró la percepción del esfuerzo y el confort. Para el registro de las

presiones se empleó un sistema de mapeo GebioMized® (GP Bike, GebioMized, Münster, Germany) y para el de la cinemática, un sistema de cámaras infrarrojas Optitrack™ V120 Trio, y el software Motive (NaturalPoint, Inc., Oregón EEUU). Las variables cinemáticas se registraron en 3D con una proyección de movimientos en un plano 2D con una frecuencia de muestreo de 120 Hz. La percepción de esfuerzo fue registrada mediante la escala de Borg de 6-20 RPE (Rating of perceived exertion) (Borg, 1982) y, el confort mediante la escala de percepción del confort en formato visual analógico (VAS) de 15 cm (Lucas-Cuevas et al., 2015) adaptada para este estudio.

Normas éticas

Todos los participantes fueron informados sobre las características del estudio. El consentimiento informado cumple con los procedimientos establecidos conforme a la Declaración de Helsinki y la aprobación del Comité de Ética de la universidad de Valencia (código de registro: UV-INV_ETICA-1954944).

Además, para garantizar la seguridad tanto de ciclistas como del equipo investigador, todos los participantes firmaron un consentimiento COVID-19 en el cual se indicaba que ningún ciclista había tenido contacto previo con personas con síntomas de COVID-19 o con personas con un resultado positivo en una prueba COVID19. Por último, también se procedió a la firma de un consentimiento de toma de imágenes en la que se explicitaba que su uso sería meramente académico.

RESULTADOS

En cuanto a la percepción de esfuerzo, los resultados obtenidos en función del retroceso del sillín y del sexo no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). En cambio, la percepción de esfuerzo aumentó a medida que se incrementó la intensidad (intensidad alta mujeres: $156.7 \pm 16.6W$, intensidad alta hombres: $208 \pm 19.4W$) (Figura 2).

En referencia al confort, los resultados obtenidos en función del retroceso del sillín mostraron valores inferiores para R3 con respecto a R1 y R2 (Figura 3). Y, en cuanto a la intensidad, los resultados concluyeron valores significativamente superiores para los ítems de “adaptación al ritmo” y “estabilidad” en la intensidad baja en comparación con la intensidad alta ($p < 0.01$, ES (η^2) = 0.225; Dif.Medias = 1.057; IC95% = 0.351/1.763; $p < 0.05$, ES (η^2) = 0.154; Dif.Medias = 0.429; IC95% = 0.067/0.790, respectivamente). Por último, se observó un incremento estadísticamente significativo en el ítem “confort general” para los hombres en comparación con las mujeres en R1 ($p < 0.01$, ES (η^2) = 0.105; Dif.Medias = -2.207; IC95% = -3.932/ - 0.483).

Por otro lado, en cuanto a la cinemática angular, cabe mencionar que la posición del sillín R3 produjo cambios en todas las articulaciones de la extremidad inferior ($p < 0.05$), resaltando el aumento de la extensión-aducción de cadera y extensión-aducción de rodilla. Asimismo, los rangos de movimiento de flexión-extensión de cadera y el desplazamiento interno de rodilla se vieron incrementados en la intensidad baja ($p = 0.002$ y $p = 0.021$, respectivamente). El sexo también tuvo un papel relevante ya que las mujeres presentaron una cadencia de pedaleo inferior a los hombres en la intensidad baja ($p = 0.03$),

pedaleando, además más inclinadas que los hombres en R3 en la intensidad baja ($p=0.029$).

Finalmente, en cuanto a la evaluación de las presiones, se observó un incremento de la presión máxima y media en la zona del pubis y el área de presión delante en R3 en comparación con R1 y R2 ($p<0.001$), una mayor presión media y área de carga del isquion izquierdo en R2 respecto a R3 ($p<0.001$) y una mayor área de presión detrás en R1 y R2 en comparación con R3 ($p<0.001$). En cambio, no se apreciaron diferencias significativas ($p>0.05$) en función de la intensidad del pedaleo sobre las presiones ejercidas. En cuanto a la variable sexo se concluyó que los hombres mostraron valores superiores en la presión media del isquion izquierdo en comparación con las mujeres ($p= 0.006$).

Por último, resaltar que la zona del pubis mostró valores significativamente superiores en la presión máxima en comparación con los isquiones ($p<0.002$). De la misma manera, se observó que la presión media de la zona del pubis y del isquion izquierdo fue superior en comparación con la zona del isquion derecho ($p<0.018$).

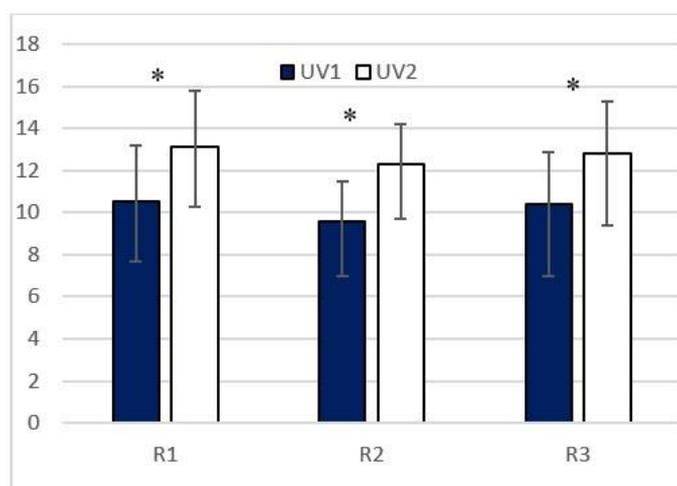


Figura 2: Percepción de esfuerzo (Media y Error Estándar de la media) según el retroceso del sillín y la intensidad de pedaleo.

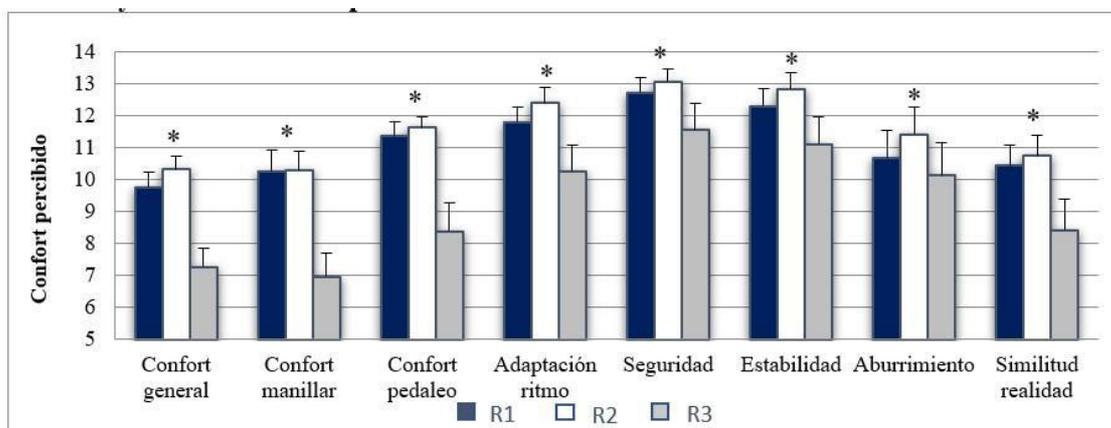


Figura 3: Percepción de confort (Media y Error Estándar de la media) según el retroceso del sillín

DISCUSIÓN

En cuanto, a la influencia del retroceso del sillín y el sexo sobre la percepción de esfuerzo, los resultados señalaron que no existen diferencias estadísticamente significativas, concordando de tal forma con otros estudios (Green et al., 2003 y Bini 2020, respectivamente). Con respecto a la influencia de la intensidad del pedaleo, los resultados mostraron una mayor percepción de esfuerzo a mayor intensidad, coincidente con otros estudios (Holliday et al 2019; Scott et al., 2015) en los que la percepción del esfuerzo también aumenta progresiva y linealmente conforme aumenta la intensidad y el tiempo.

Los resultados referentes al confort coinciden con estudios previos (Verma et al., 2016) donde también se incrementa la incomodidad ($p < 0.05$) cuando los ciclistas pedalean sobre una posición de sillín elevada y posición retrasada, en comparación con la posición neutral.

Por otro lado, los resultados referentes al aumento de la extensión-aducción de cadera y extensión-aducción de rodilla se relacionan directamente con el síndrome de la banda iliotibial (Ménard et al., 2020). Asimismo, los resultados de este estudio mostraron un aumento de los rangos de movimiento de flexión-extensión de cadera y el desplazamiento interno de rodilla en la intensidad baja, en consonancia con autores como Poulighen et al. (2021), pero difieren de otros estudios (Holliday et al., 2019). El hecho de que las mujeres presenten una cadencia de pedaleo inferior a los hombres en la intensidad baja, se contraponen con los hallazgos del estudio realizado por Hopker, Jobson et al. (2010). Además, el mayor ángulo pélvico de las mujeres podría ser el factor que explica porque pedalean más inclinadas que los hombres en R3 en la intensidad baja (Encarnación-Martínez et al., 2021).

En cuanto a la evaluación de las presiones, los resultados presentan un aumento de la presión máxima y media en la zona del pubis y el área de presión delante en R3 en comparación con R1 y R2. Más específicamente, se concluye que la presión media y el área de carga del isquion izquierdo es superior en R2 en comparación con R3. Por otro lado, se aprecia un aumento del área de presión detrás en R1 y R2 en comparación con R3. En cambio, el estudio de Verma et al. (2016) afirma que el grado de variabilidad del centro de presión en la posición del sillín hacia arriba y hacia atrás aumenta y que la entropía del centro de presión de la posición hacia atrás disminuye en comparación con la posición neutral ($p < 0,05$). Estas variaciones en las presiones pueden quedar explicadas por la reacción de los participantes a los cambios en el retroceso, ajustando su posición en el sillín, ya que Kraus et al. (2015) confirman que existe una relación moderada entre el ajuste del centro de presión hacia la parte posterior del sillín y la reducción de la presión máxima en la zona del pubis, así como del aumento de la zona cargada bajo la tuberosidad isquiática. Por otra parte, no existen diferencias significativas en función de la intensidad del pedaleo sobre las presiones ejercidas, coincidiendo con algunos estudios previos (Holliday et al., 2019) y discrepando con otros (Carpeles et al., 2009). No obstante, los hombres muestran valores superiores en la presión media del isquion izquierdo en comparación con las mujeres. Estas diferencias relacionadas con el sexo en los perfiles de presión pueden surgir de las diferencias fundamentales en la técnica de pedaleo, la geometría pélvica y/o las características antropométricas (Potter et al., 2008).

Finalmente, resaltar en la zona del pubis valores superiores en la presión máxima en comparación con la zona del isquion izquierdo e isquion derecho. De la misma manera, se observa que la presión media de la zona del pubis e isquion izquierdo es superior en comparación con la zona del isquion derecho. Estos resultados concuerdan con estudios recientes, que postulan una mayor presión media anterior para un sillín ancho en ciclistas recreacionales (Larsen et al., 2018) y un incremento de la presión máxima sobre la región púbica en ciclistas hombres (Sanford et al., 2018).

CONCLUSIONES

La posición retrasada del sillín (R3) disminuye la sensación de confort en los ciclistas, incrementa los niveles de extensión de las extremidades inferiores como resultado del ajuste a la nueva posición y aumenta las presiones sobre el sillín en la región del pubis con respecto a los isquiones. Además, la intensidad alta aumenta la percepción de esfuerzo y disminuye los niveles de flexión en todas las articulaciones de las extremidades inferiores. Finalmente, el sexo solo afecta a escasas variables de la cinemática angular, y aumenta el confort general y la presión media del isquion izquierdo en hombres.

Los resultados evidencian, por tanto, que el ajuste de la geometría de la bicicleta desencadena un rol fundamental tanto en el rendimiento como en la salud física y la percepción en el ciclista, pudiendo, además, reducir el índice de lesiones y/o molestias durante la práctica de este deporte. De tal forma, la implementación de un sistema de cámaras mediante las cuales se pudiera llevar a cabo un análisis angular del cuerpo del ciclista sobre la bicicleta y, de un sistema presiones plantares y sobre sillín, facilitaría en muchos clubes deportivos la prescripción del entrenamiento, el ajuste de los componentes de la bicicleta de forma individualizada y la elección de la correcta posición sobre el sillín, mejorando de tal forma, la eficiencia y eficacia del pedaleo.

LIMITACIONES

Por lo que respecta al enfoque metodológico utilizado en el presente estudio, es necesario resaltar que se empleó el mismo tipo de sillín para todos los participantes, sin tener en cuenta el sexo de los mismos. Además, se asumió la simetría de movimiento entre los lados izquierdo y derecho, por lo que se registró la variabilidad angular sobre el plano sagital derecho de cada participante (Ferrer-Roca et al., 2014; García-López & Abal Del Blanco, 2017). Por último, sería de gran interés el estudio de las presiones plantares con el propósito de comprender mejor la aplicación de las fuerzas y presiones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores/as del presente artículo agradecen muy sinceramente a todos los/as ciclistas que voluntariamente han participado en este estudio, así como al Centro de Investigación e innovación textil y cosmética sistema (AITEK) por el sistema de mapeo GebioMized®.

Este estudio fue financiado por el “Consejo Superior de Deportes, Ministerio de Cultura y Deporte, Gobierno de España” (2083210_2022 - Ayudas para Investigación 40/UPB/22).

REFERENCIAS

- Bini, R. R. (2020). Acute effects from changes in saddle height in perceived comfort during cycling. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 15(3), 390–397. <https://doi.org/10.1177/1747954120918965>
- Bini, R., & Priego-Quesada, J. (2022). Methods to determine saddle height in cycling and implications of changes in saddle height in performance and injury risk: A systematic review. *Journal of sports sciences*, 40(4), 386-400.
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 14(5), 377–381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Carpes, F. P., Dagnese, F., Kleinpaul, J. F., de Assis Martins, E., & Bolli Mota, C. (2009). Bicycle saddle pressure: Effects of trunk position and saddle design on healthy subjects. *Urologia Internationalis*, 82(1), 8–11.
- Chiu, MC., Wu, HC., Tsai, NT. (2013). *The Relationship Between Handlebar and Saddle Heights on Cycling Comfort*. In: Yamamoto, S. (Ed.) *Human Interface and the Management of Information. Information and Interaction Design* (Vol. 8016, pp. 12-19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39209-2_2
- Cohen, J (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd Ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Consejo Superior de Deportes (2021). *Anuario de estadísticas deportivas 2021* [Archivo PDF]. <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:b24c68ad-75ff-48d0-aa1fd57075f22e64/anuario-de-estadisticas-deportivas-2021.pdf>
- Dettori, N. J., & Norvell, D. C. (2006). Non-traumatic bicycle injuries. *Sports medicine*, 36(1), 7-18.
- Encarnación-Martínez, A., Ferrer-Roca, V., & García-López, J. (2021). Influence of sex on current methods of adjusting saddle height in indoor cycling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(2), 519-526.
- Farrell, J. W., Pribble, B. A., & Larson, R. D. (2021). Effects of exercise intensity on pedal force asymmetry during cycling. *Symmetry*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/sym13081449>
- Ferrer-Roca, V., Bescós, 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(3), 784-791.
- Ferrer-Roca, V., Rivero-Palomo, V., Ogueta-Alday, A., Rodríguez-Marroyo, J. A., & GarcíaLópez, 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. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215490>
- García-López, J., & Abal del Blanco, P. A. (2017). Kinematic analysis of bicycle pedalling using 2d and 3d motion capture systems. *ISBS Proceedings Archive*, 35(1), 125.
- Green, J. M., Crews, T. R., Bosak, A. M., & Peveler, W. W. (2003). Overall and differentiated ratings of perceived exertion at the respiratory compensation threshold: effects of gender and mode. *European journal of applied physiology*, 89(5), 445-450. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0869-4>
- Herrero-Molleda, A. H., & García-López, J. G. (2021). El reto de ajustar la bicicleta a la mujer: situación actual y perspectivas futuras. *Logía, educación física y deporte:*

- Revista Digital de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 2(1), 1-14.
- Holliday, W., Raymond, T., Fisher, J., & Swart, J. (2018). Kinematics, muscle recruitment patterns and pressure mapping in cycling biomechanics-Recent research findings and practical outcomes. *Journal of Science and Cycling*, 7(2), 32.
- Holliday, W., Theo, R., Fisher, J., & Swart, J. (2019). Cycling: Joint kinematics and muscle activity during differing intensities. *Sports Biomechanics*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1640279>
- Hopker, J., Jobson, S., Carter, H., & Passfield, L. (2010). Cycling efficiency in trained male and female competitive cyclists. *Journal of sports science & medicine*, 9(2), 332.
- Kraus, L., Schade, D., & Natrup, J. (2015). Evaluating the central pressure point to determine the optimal saddle setback. *Journal of Science and Cycling*, 4(2).
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.03.002>
- Lucas-Cuevas, A. G., Priego-Quesada, J. I., Aparicio, I., Giménez, J. v., Llana-Belloch, S., & Pérez-Soriano, P. (2015). Effect of 3 Weeks Use of Compression Garments on Stride and Impact Shock during a Fatiguing Run. *International Journal of Sports Medicine*, 36(10), 826–831.
- Manigandan, S., Gunasekar, P., Praveen Kumar, T. R., Alahmadi, T. A., Subramanian, N., Pugazhendhi, A., & Brindhadevi, K. (2021). Influence of dynamic position, fluid intake, hydration, and energy expenditure on sustainable mobility transport. *Applied Acoustics*, 175, 107809. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107809>
- Menard, M., Domalain, M., Decatoire, A., & Lacouture, P. (2018). Influence of saddle setback on knee joint forces in cycling. *Sports Biomechanics*, 19 (2), 245-257. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1466906>
- Ménard, M., Lacouture, P., & Domalain, M. (2020). Iliotibial band syndrome in cycling: a combined experimental-simulation approach for assessing the effect of saddle setback. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 958–966.
- Ochoa-Puig, B., Pérez-Soriano, P., Aparicio-Aparicio, I. & Encarnación-Martínez, A. (27 – 29 de noviembre de 2021). *Influencia del sexo y la altura del sillín sobre las presiones ejercidas en el sillín en ciclistas amateurs* [Comunicación oral]. XI Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Universidad Católica de Murcia, Murcia, España.
- OptiTrack. (12 de abril de 2022). *OptiTrack for Movement Sciences*. OptiTrack <https://optitrack.com/applications/movement-sciences/>
- 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.
- Pouliquen, C., Nicolas, G., Bideau, B., & Bideau, N. (2021). Impact of Power Output on Muscle Activation and 3D Kinematics During an Incremental Test to Exhaustion in Professional Cyclists. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 225. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.516911>
- 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>
- Sanford, T., Gadzinski, A. J., Gaither, T., Osterberg, E. C., Murphy, G. P., Carroll, P. R., & Breyer, B. N. (2018). Effect of oscillation on perineal pressure in cyclists: implications for micro-trauma. *Sexual medicine*, 6(3), 239-247.
- Scott, C., Wyatt, F., Winchester, J., Williamson, K., Welter, A., & Brown, S. (2015). Physiological Breakpoints and Maximal Steady-State of Cycling. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(3).
- Swart, J., & Holliday, W. (2019). Cycling biomechanics optimization—the (r) evolution of bicycle fitting. *Current sports medicine reports*, 18(12), 490-496
- Valenzuela, P. L., Morales, J. S., Foster, C., Lucia, A., & de La Villa, P. (2018). Is the functional threshold power a valid surrogate of the lactate threshold? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(10), 1293–1298.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0008>
- 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*, 27, 78–86.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.02.003>