

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



COMPARACIÓN DE LA ESTABILIDAD LUMBOPÉLVICA ENTRE CICLISTAS PROFESIONALES CON Y SIN HISTORIA DE DOLOR LUMBAR MEDIANTE LA ACELEROMETRÍA. ESTUDIO OBSERVACIONAL ANALÍTICO.

AUTOR: FERRARA MIRA, MARTA

Departamento: Patología y

TUTOR: MORENO, VÍCTOR

Cirugía

Curso académico: 2024-2025

Convocatoria de junio



ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVO.....	9
HIPÓTEIS.....	9
MÉTODO	9
1) Participantes	9
2) Procedimiento	10
3) Medidas	11
4) Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIÓN	18
BIBLIOGRAFÍA	19

RESUMEN

Introducción: El dolor lumbar es una de las lesiones más prevalentes en ciclistas, se ha sugerido que podría estar relacionado con alteraciones en la estabilidad lumbopélvica. Estudios en población general han vinculado este dolor con déficits en la estabilidad del core. La acelerometría ha sido propuesta como herramienta válida para medir dicha estabilidad, sin embargo, poco se conoce su aplicación en ciclistas.

Objetivo: El objetivo de este estudio fue comparar la estabilidad lumbopélvica entre ciclistas profesionales con y sin historia de dolor mediante acelerometría.

Método: La estabilidad lumbopélvica se evaluó mediante acelerometría en 37 ciclistas profesionales, clasificados en dos grupos: aquellos con historia de dolor lumbar en el último año ($n=8$) y aquellos sin ($n=29$). Se emplearon 4 ejercicios para comprobar la estabilidad: plancha frontal, plancha dorsal, perro de muestra y postura funcional de bicicleta. El análisis estadístico se realizó con un ANOVA de un factor, mediante el software JASP.

Resultados: No se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en los parámetros de estabilidad lumbopélvica. Sin embargo, los ciclistas con historia de dolor lumbar mostraron mayor oscilación en la plancha frontal con pierna izquierda, perro de muestra y plancha dorsal con pierna derecha, lo que sugiere un menor control lumbopélvico.

Conclusión: Aunque no hubo significancia estadística, los resultados sugieren que los ciclistas con dolor lumbar podrían tener peor estabilidad del core. Estos hallazgos podrían ser relevantes para futuras investigaciones con muestras más grandes o diseños de mayor poder estadístico.

Palabras clave: Dolor lumbar, ciclismo, estabilidad central, tronco, acelerometría.

ABSTRACT

Introduction: Low back pain is one of the most prevalent injuries in cyclists, it has been suggested that it may be related to alterations in lumbopelvic stability. Studies in the general population have linked this pain to deficits in core stability. Accelerometry has been proposed as a valid tool to measure this stability, however, little is known about its application in cyclists.

Aim: The aim of this study was to compare lumbopelvic stability between professional cyclists with and without a history of pain using accelerometry.

Methods: Lumbopelvic stability was assessed by accelerometry in 37 professional cyclists, classified into two groups: those with a history of low back pain in the last year ($n=8$) and those without ($n=29$). Four exercises were used to test stability: front plank, back plank, sample dog and functional bicycle posture. Statistical analysis was performed with a one-factor ANOVA using JASP software.

Results: No statistically significant differences ($p > 0.05$) were found in lumbopelvic stability parameters. However, cyclists with a history of low back pain showed greater oscillation in the left leg front plank, sample dog and right leg back plank, suggesting poorer lumbopelvic control.

Conclusion: Although there was no statistical significance, the results suggest that cyclists with low back pain may have poorer core stability. These findings may be relevant for future research with larger sample sizes or more powerful designs.

Keywords: Low back pain, cycling, core stability, trunk, accelerometry.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica del ciclismo está considerada como una de las actividades deportivas más populares y practicadas del mundo (Van Hoof et al., 2012; Decock et al., 2016; Schaffert et al., 2017; Mostaert et al., 2021). Es bien sabido que el uso de la bicicleta aporta beneficios saludables para el medioambiente (Wojan & Hamrick, 2015; Galindo, 2021), así como para la población (Kelly et al., 2014), debido a la reducción del riesgo de sufrir diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular, cáncer y obesidad (Blond et al., 2016; Moore et al., 2016; Galindo, 2021; Arsenault & Despreés, 2023).

Sin embargo, aunque el ciclismo puede considerarse una actividad de bajo impacto, los ciclistas experimentan una amplia gama de afecciones musculoesqueléticas, como el dolor lumbar (LBP). (Battista et al., 2021; Sampieri et al., 2024; Ortuño, 2024). El LBP es una de las afecciones más prevalentes, representando el 58% de las dolencias anuales en los ciclistas de carretera (Marsden & Schwellnus, 2010; Garrosa-Martín et al., 2023).

Es reconocida la complejidad que envuelve al origen del LBP (Burnett et al., 2004; Garrosa-Martín et al., 2023), sin embargo, la identificación de factores de riesgo clínicamente significativos sigue siendo esencial para poder disminuir el número y la gravedad de las lesiones. Varios factores de riesgo como desajustes mecánicos en la bicicleta (Garrosa-Martín et al., 2023; Streisfeld et al., 2017), técnica de conducción postural defectuosa (Oggiano L et al., 2008; Garrosa-Martín et al., 2023) e inadecuadas cargas de entrenamiento (Battista et al., 2021), han sido relacionados con el aumento del riesgo de sufrir LBP en ciclistas. Por ejemplo, se ha sugerido que la adopción de flexión de tronco prolongada adoptada por los ciclistas en ruta para lograr una mejor aerodinámica (Battista et al., 2021), puede provocar la aparición de microrroturas acumuladas en el anillo posterior del disco intervertebral, además de aumentar la tensión en las estructuras pasivas de la columna lumbar, favoreciendo la aparición LBP (Burnett et al., 2004).

Recientemente, se ha prestado atención al papel que desempeña la estabilidad del core en el desarrollo del LBP. En este contexto, diversos estudios han investigado la eficacia de los ejercicios de estabilidad del core en pacientes con LBP no específico. Por ejemplo, metaanálisis y revisiones sistemáticas como las realizadas por Wang et al. (2012) y Nwodo et al. (2022), encontraron que los ejercicios de estabilidad del core fueron más efectivos que los programas de ejercicios convencionales para reducir el dolor y mejorar la función física en personas con LBP, especialmente a corto plazo.

La estabilidad del core ha sido definida como *“La capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco frente a fuerzas internas o externas”* (Vera-García et al., 2021). Esta función es esencial para mantener el equilibrio, generar fuerza de manera eficiente y proteger la columna vertebral durante la práctica del ciclismo (Asplund & Ross, 2010; Jeong et al., 2022). Un core estable en este deporte no solo mejora la potencia del pedaleo (Streisfeld et al., 2017), sino que también compensa las posturas mantenidas reduciendo la sobrecarga sobre las estructuras pasivas y permite absorber mejor los impactos (Ruckstuhl et al., 2019). Por el contrario, la falta de estabilidad central puede generar un rango anormal de movimiento reactivo del tronco, contribuyendo al LBP (Borghuis et al., 2008; Jeong et al., 2022).

En relación al LBP en los ciclistas, la literatura ha observado previamente que presentan debilidad en músculos estabilizadores como el multifido lumbar y el transverso abdominal (Streisfeld et al., 2017; Frizziero et al., 2021), así como desequilibrios en la activación muscular y alteraciones en el control motor (Burnett et al., 2004; Sampieri et al., 2024), lo que compromete la biomecánica de la columna y aumenta el riesgo de lesiones en la región lumbo-pélvica (Laird et al., 2014; Sampieri et al., 2024). En esta línea, también se ha observado que los ciclistas con LBP suelen presentar patrones de activación alterados junto con una mayor rotación, inclinación y flexión de la columna lumbar inferior (Burnett et al., 2004). Además,

presentan una mayor activación de los músculos erectores espinales, pero con una distribución menos homogénea, lo que sugiere un reclutamiento muscular ineficiente (Sampieri et al., 2024). Por lo tanto, estos patrones de movimiento y activación muscular desadaptativos pueden llevar a un aumento de las tensiones espinales y contribuir al desarrollo de LBP (Van Hoof et al., 2012; Streisfeld et al., 2017). Asimismo, la fatiga de los músculos estabilizadores del tronco puede aumentar el riesgo de lesión (Galindo, 2021).

Si bien diversos estudios sugieren una posible relación entre el LBP y ciertos déficits en la activación y control del core en ciclistas (Burnett et al., 2004; Streisfeld et al., 2017; Galindo, 2021), la evidencia disponible en esta población aún no permite establecer una relación directa y concluyente entre la inestabilidad del core y la aparición del LBP.

En los últimos años se han empleado distintas técnicas posturográficas para la medición de la estabilidad del tronco, entre las cuales, se incluyen plataformas de fuerza, asientos inestables y acelerómetros integrados en smartphones (Vera-García et al., 2015; Hernández Micó, 2016). Esta última herramienta, se ha considerado útil en el ámbito práctico para los profesionales del ejercicio, debido a su accesibilidad y mayor especificidad, ya que permite obtener una medición más local del control postural lumbo-pélvico (Heredia, 2023). Estudios recientes que han analizado la estabilidad con estos dispositivos, han podido observar que los acelerómetros integrados en smartphones son herramientas fiables para cuantificar la intensidad y los patrones de activación durante ejercicios isométricos como el puente frontal, el puente lateral y el perro de muestra (Barbado et al., 2018). Sin embargo, existe una escasa literatura sobre estudios que empleen esta técnica para medir la estabilidad del core en ciclistas. Por ello, este Trabajo Final de Grado, se centrará en entender la relación entre la estabilidad del core y el dolor lumbar en ciclistas profesionales, empleando la acelerometría integrada en smartphone, que permita obtener mediciones más específicas en este campo.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio consistió en comparar la estabilidad de la región lumbo-pélvica con la evaluación de la acelerometría entre ciclistas profesionales de ruta con y sin historia de LBP.

3. HIPÓTEIS

Basándonos en estudios previos sobre la relación entre la falta de activación de los multifidos lumbares y el transverso abdominal y LBP (Frizziero et al., 2021; Galindo, 2021), los ciclistas profesionales con historia del LBP, presentarán una peor estabilidad de la musculatura del core en comparación a los ciclistas sin historia de LBP evaluados mediante la utilización de la acelerometría.



4. MÉTODO

4.1. Participantes

Este estudio se llevó a cabo con una muestra total de 37 ciclistas varones (edad 28.6 ± 4.3 años; peso 68.3 ± 6.1 kg; talla 181.9 ± 5.5 cm), pertenecientes a un equipo ciclista profesional de ruta. Los deportistas fueron clasificados en dos grupos: ciclistas con historia de LBP ($n=8$) y ciclistas sin historia de LBP ($n=29$). Los criterios de inclusión fueron: (1) pertenecer al equipo profesional objeto de estudio durante toda la temporada; (2) no presentar dolores que impidieran o limitasen la realización de los ejercicios de estudio en el momento de la evaluación. Se excluyeron aquellos participantes con antecedentes de patologías musculoesqueléticas previas relacionadas con el complejo lumbar, siempre que no estuvieran directamente relacionadas con la práctica del ciclismo.

Antes de la participación en el estudio, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada ciclista de forma voluntaria. El protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética e Integridad en la Investigación de la Universidad, con el correspondiente informe favorable del Código de Investigación Responsable (COIR), con código (241118110758).

4.2. Procedimiento

La recopilación de datos se realizó durante el período de pretemporada en el año 2024. Las evaluaciones se llevaron a cabo en un entorno controlado (sala de entrenamiento). Todas las evaluaciones fueron realizadas por un único investigador, quien se encargó de proporcionar las instrucciones necesarias, así como de la colocación del dispositivo de medición y la recolección de los datos, asegurando la correcta posición de los participantes durante las evaluaciones.

Las pruebas consistieron en la realización de cuatro ejercicios específicos: Postura funcional de bici, plancha frontal, perro de muestra y plancha dorsal, todos ellos ejecutados en ambas extremidades con apoyo unipodal.

Antes de la evaluación, todos los participantes realizaron un protocolo de calentamiento estandarizado que incluyó 8 minutos de pedaleo en bicicleta a 70 RPM, seguidos de varios ejercicios de movilidad del raquis (Cat camel, estiramiento Mahoma, etc.) y la ejecución de cada uno de los ejercicios durante 15 segundos.

Los ejercicios se realizaron en forma contrabalanceada para todos los participantes. Todas las evaluaciones fueron realizadas tras un periodo de 24 horas sin actividad deportiva con el fin de minimizar la influencia de la fatiga muscular en los resultados.

Para la evaluación de las diferentes condiciones, se utilizó un acelerómetro de 3 ejes (modelo LIS3DH, STMicroelectronics, Suiza) integrado en un smartphone iPhone. Se utilizó un cinturón elástico para colocar el smartphone por encima de la cresta iliaca del lado de la pierna de apoyo en los ejercicios de apoyo mono podal.

4.3. Medidas

Características del deportista

Se recopilaron datos sobre las características antropométricas como edad, peso y altura mediante una báscula médica con tallímetro (Baxtran RGT). La recolección de datos se realizó de manera anónima, garantizando la confidencialidad de la información.

Características del dolor lumbar

En el presente estudio, el dolor lumbar se definió como “*Un síndrome musculoesquelético o conjunto de síntomas cuyo principal síntoma es la presencia de dolor focalizado en el segmento final de la columna vertebral (zona lumbar), en el área comprendida entre la reja costal inferior y la región sacra, y que en ocasiones puede comprometer la región glútea, provocando disminución funcional*” (Casado et al., 2008). Además, se consideró el número de episodios previos de dolor lumbar como “*un periodo de dolor en la parte baja de la espalda que dura más de 24 horas, precedido y seguido por al menos un mes sin dolor lumbar*” (Cassidy et al., 2005). La intensidad del dolor experimentado se registró mediante la escala analógica (EVA).

Test de estabilidad lumbo-pélvica

En el momento de la medición se explicaron las características generales de los ejercicios de estabilidad y se les indicó que debían mantener la columna y la pelvis en posición neutra (con la menor oscilación o movimiento posible) durante la ejecución de los ejercicios. Los ejercicios se realizaron con un minuto de descanso entre ellos. Para cada una de estas condiciones, se llevaron a cabo dos mediciones, registrándose como resultado final el mejor valor obtenido en cada caso. Para registrar los datos de acelerometría, se utilizó un cinturón elástico para colocar un smartphone por encima de la cresta iliaca.

- Prueba del ejercicio postura funcional de bicicleta

La medición se realizó con el sujeto en posición de decúbito prono, apoyando las puntas de los pies en la esterilla y con las rodillas y caderas extendidas, las manos en cada extremo de una barra, y esta, apoyada en el bosu (figura 1). Durante 10 segundos el participante realiza acciones de flexión de cadera y rodilla de forma alterna. El ritmo de las acciones, estuvieron controladas mediante un metrónomo.



Figura 1. Postura funcional bicicleta

- Prueba del ejercicio Front bridge o plancha frontal

La medición de este ejercicio se realizó con el sujeto en posición de decúbito prono sobre la esterilla, utilizando como puntos de apoyo los antebrazos y la punta de uno de los pies. (Figura 2). El dispositivo de medición fue colocado en el cinturón, ubicado por encima de las espinas iliacas. Todas las mediciones se realizaron de forma unilateral.



Figura 2. Front bridge o plancha frontal

- Prueba del ejercicio Bird dog o perro de muestra

Durante esta medición, perro de muestra, el sujeto en posición de decúbito prono sobre la esterilla, utilizando como puntos de apoyo una mano y la rodilla contraria, mientras que están en extensión el brazo y la pierna no apoyadas (Figura 3). El dispositivo de medición fue colocado en el cinturón, ubicado por encima de las espinas iliacas.



Figura 3. Front bridge o perro de muestra.

- Prueba del ejercicio Back bridge o plancha dorsal

La medición de este ejercicio se realizó con el sujeto en posición de decúbito supino sobre la esterilla, utilizando como puntos de apoyo la parte superior de la espalda (escápulas y cabeza) y uno de los pies. La pierna no apoyada tiene la rodilla y la cadera extendidas, mientras que la pierna apoyada tiene la rodilla en flexión. (Figura 4). El dispositivo de medición fue colocado en el cinturón, ubicado por encima de las espinas iliacas. Se realizaron todas las mediciones de forma unilateral.



Figura 4. Plancha dorsal

4.4. Análisis estadístico

El análisis de datos se llevó a cabo utilizando el software JASP (Jeffrey's Amazing Statistics Program), programa estadístico desarrollado en la Universidad de Amsterdam (Países Bajos). Se calcularon estadísticas descriptivas (medias y las desviaciones típicas) de cada una de las mediciones. La normalidad de la distribución de los datos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para comparar las diferencias entre los dos grupos (grupo con historia de LBP y grupo sin historia de LBP) en las diversas variables evaluadas (Postura funcional bicicleta, plancha frontal, plancha dorsal y bird dog), se utilizó un ANOVA de un factor.

5. RESULTADOS

Del total de 37 ciclistas, 8 (21.6%) de ellos sufrieron historia de LBP durante la temporada, mientras 29 (78.4%) no la sufrieron.

La tabla 1 presenta los datos acerca de la comparación de las variables de acelerometría entre el grupo de historia de LBP y el de sin historia LBP. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre los sujetos con historia LBP y sin historia de LPB ($p>0.05$).

Tabla 1. Valores medios de acelerometría en ciclistas profesionales durante las pruebas de estabilidad

Variables	Historia LBP	Sin historia LBP	F	p	η^2
Postura fucional bicicleta	1.14 $\pm$ 0.63	1.30 $\pm$ 1.50	0.086	0.771	0.002
Plancha frontal_D	0.32 $\pm$ 0.07	0.34 $\pm$ 0.14	0.241	0.627	0.007
Plancha frontal_I	0.45 $\pm$ 0.15	0.34 $\pm$ 0.14	3.662	0.064	0.097
Perro de muestra_D	0.38 $\pm$ 0.61	0.19 $\pm$ 0.06	2.833	0.102	0.077
Perro de muestra_I	0.42 $\pm$ 0.62	0.24 $\pm$ 0.26	1.441	0.238	0.041
Plancha dorsal_D	0.40 $\pm$ 0.40	0.32 $\pm$ 0.18	0.753	0.392	0.022
Plancha dorsal_I	0.24 $\pm$ 0.07	0.29 $\pm$ 0.14	0.915	0.346	0.026

Nota: F= valor de la prueba F de ANOVA; p= nivel de significación estadística; η^2 = eta cuadrado, medida del tamaño del efecto.

6. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio consistió en comparar la estabilidad de la región lumbopélvica con la evaluación de la acelerometría entre ciclistas profesionales con y sin historia de LBP.

Los resultados principales del presente estudio no mostraron diferencias significativas entre los datos de acelerometría del core de los ciclistas profesionales con y sin historia de dolor en los 4 ejercicios realizados para su evaluación. Estos resultados no pueden ser comparados ya que no existen datos previos sobre la estabilidad del core en ciclistas medidos con acelerometría. Los hallazgos obtenidos pueden ser debidos al limitado número de sujetos sin historia de dolor, que puede haber afectado a que el análisis resultara no significativo, ya que existe en los tests realizados una tendencia al aumento de la oscilación en los sujetos con historia de dolor.

Este estudio se encuentra precedido por investigaciones previas que han observado que la inestabilidad en la región lumbopélvica es un factor de riesgo conocido y relevante en la aparición del LBP. El estudio de Alshehri et al. (2024), refuerza esta relación al identificar que una estabilidad deficiente de la columna lumbar en fases agudas de dolor predice una mayor probabilidad de que el dolor persista a largo plazo y se cronifique.

Un aspecto a tener en cuenta son las posiciones realizadas para evaluar la acelerometría, los test fueron llevados a cabo en posiciones no funcionales respecto a la posición que adoptan los ciclistas, por lo que futuros estudios deberán desarrollar tests para medir la estabilidad del core de los ciclistas que impliquen posiciones similares o que simulen la funcionalidad del ciclista. Otro aspecto a considerar es que el dolor lumbar que sufren los ciclistas puede deberse a otros factores como la biomecánica, el rol que cumplen en el equipo, las horas de entrenamiento, etc, por lo que futuros estudios deberían tener en cuenta estos factores y su relación con el LBP. Por ello, futuros estudios deberían comparar la influencia de la estabilidad del core y otros factores de riesgo en ciclistas.

Por otro lado, un estudio previo sobre acelerometría realizados en la población general con sujetos jóvenes y físicamente activos (Heredia, 2023), mostraron valores similares a los encontrados en la muestra de ciclistas sin historia de LBP en tres de los ejercicios evaluados en este TFG. Específicamente, observó una acelerometría para los ejercicios plancha frontal de 0.35 m/s^2 , plancha dorsal 0.35 m/s^2 y perro de muestra 0.24 m/s^2 .

Entre las principales limitaciones de este estudio se encuentra la heterogeneidad de la muestra, dado que, dentro de la misma disciplina de ciclismo de carretera coexisten varios tipos de corredores como escalador, esprinter, contrarrelojista, rodador, etc., cuyas diferencias fisiológicas y funcionales podrían haber influido en los resultados obtenidos. Asimismo, los ejercicios realizados en la evaluación son poco funcionales para simular el día a día de los ciclistas, lo que limita su capacidad para reproducir las demandas reales de este deporte, por ello, deberían ser más específicos de la disciplina que se está evaluando. Por otro lado, los resultados del presente estudio no pueden extrapolarse a otras disciplinas ciclistas ni a diferentes niveles de competición. Finalmente, se señala como limitación la escasa dimensión muestral, lo cual reduce la potencia estadística del análisis e impide extraer conclusiones generalizables.

7. CONCLUSIÓN

En conclusión, los resultados de este estudio no permiten establecer una relación concluyente entre la pobre estabilidad del core y el LBP en ciclistas. No obstante, se ha observado una tendencia que apunta a una posible asociación, lo que abre una vía interesante para futuras investigaciones.

Este patrón sugiere que, mediante un diseño metodológico ajustado, el uso de ejercicios más funcionales para la medición y una muestra de mayor tamaño, podrían obtenerse hallazgos más sólidos y generalizables. Por lo tanto, se considera necesario seguir profundizando en esta línea de investigación para esclarecer con mayor precisión el papel que desempeña la estabilidad de core en el desarrollo de LBP en ciclistas.



8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arsenault BJ, Després JP. Physical activity for type 2 diabetes prevention: some is better than none, more is better, and earliest is best. *Diabetes Care*. 2023;46(6):1132–4.
2. Asplund C, Ross M. Core stability and bicycling. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(3):155–60.
3. Barbado D, Irlés-Vidal B, Prat-Luri A, García-Vaquero MP, Vera-García FJ. Training intensity quantification of core stability exercises based on a smartphone accelerometer. *PLoS One*. 2018;13(12):e0208262.
4. Battista S, Sansone LG, Testa M. Prevalence, characteristics, association factors of and management strategies for low back pain among Italian amateur cyclists: an observational cross-sectional study. *Sports Med Open*. 2021;7(1):78.
5. Blond K, Jensen MK, Rasmussen MG, Overvad K, Tjønneland A, Østergaard L, et al. Prospective study of bicycling and risk of coronary heart disease in Danish men and women. *Circulation*. 2016;134(18):1409–11.
6. Burnett AF, Cornelius MW, Dankaerts W, O'Sullivan PB. Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: a comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects—a pilot investigation. *Man Ther*. 2004;9(4):211–9.
7. Calvo Soto A, Gómez Ramírez E. Los ejercicios del core como opción terapéutica para el manejo de dolor de espalda baja. *Rev Salud Uninorte*. 2017;33(2):259–67.
8. Coulombe BJ, Games KE, Neil ER, Eberman LE. Core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *J Athl Train*. 2017;52(1):71–2.
9. Decock M, De Wilde L, Vanden Bossche L, Steyaert A, Van Tongel A. Incidence and aetiology of acute injuries during competitive road cycling. *Br J Sports Med*. 2016;50(11):669–72.

10. Dickson Nwodo O, Olanrewaju Ibikunle P, Linda Ogbonna N, Umezulike Ani K, Christain Okonkwo A, Joy Eze C, et al. Review of core stability exercise versus conventional exercise in the management of chronic low back pain. *Afr Health Sci.* 2022;22(4):148–67.
11. Frizziero A, Pellizzon G, Vittadini F, Bigliardi D, Costantino C. Efficacy of core stability in non-specific chronic low back pain. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2021;6(1):3.
12. Heredia-Elvar JR, Juan-Recio C, Prat-Luri A, Barbado D, Vera-Garcia FJ. Observational screening guidelines and smartphone accelerometer thresholds to establish the intensity of some of the most popular core stability exercises. *Front Physiol.* 2021;12:757230.
13. Jeong S, Kim S, Park K. Classification of central stability status based on mediolateral head motion during rhythmic movements and functional movement tests. *Digit Health.* 2023;9:20552076231186217.
14. Kelly P, Kahlmeier S, Götschi T, Orsini N, Richards J, Roberts N, et al. Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2014;11(1):132.
15. Laird RA, Gilbert J, Kent P, Keating JL. Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:229.
16. Marsden M, Schwellnus M. Lower back pain in cyclists: a review of epidemiology, pathomechanics and risk factors. *Res Sports Med.* 2010;18(3):171–87.
17. Moore SC, Lee IM, Weiderpass E, Campbell PT, Sampson JN, Kitahara CM, et al. Association of leisure-time physical activity with risk of 26 types of cancer in 1.44 million adults. *JAMA Intern Med.* 2016;176(6):816–25.

18. Ortuño Parres E. Ciclismo y dolor lumbar. Prevención mediante el ajuste de la bicicleta y el entrenamiento. Revisión bibliográfica y propuesta de intervención [TFG]. Elche: Universidad Miguel Hernández; 2024.
19. Patel D, Faul F, Sreenivasan J, Xie Z. Changes in the trunk and lower extremity kinematics due to fatigue can predispose to chronic injuries in cycling. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3719.
20. Prat-Luri A, Moreno-Navarro P, Carpena C, Manca A, Deriu F, Barbado D, et al. Smartphone accelerometry for quantifying core stability and developing exercise training progressions in people with multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord*. 2023;72:104618.
21. Ruckstuhl L, Clénin G. Back pain and core strength in elite cycling. *Sports Exerc Med Switz*. 2019;67(1):30–6.
22. Sampieri A, Marcolin G, Gennaro F, Magistrelli E, Del Vecchio A, Moro T, et al. Alterations in magnitude and spatial distribution of erector spinae muscle activity in cyclists with a recent history of low back pain. *Eur J Appl Physiol*. 2024;124(2):387–96.
23. Schaffert N, Godbout A, Schlueter S, Mattes K. Towards an application of interactive sonification for the forces applied on the pedals during cycling on the Wattbike ergometer. *Displays*. 2017;50:41–8.
24. Streisfeld GM, Bartoszek C, Creran E, Inge B, McShane MD, Johnston T. Relationship between body posture, muscle activity, and spinal kinematics in cyclists with and without low back pain: a systematic review. *Sports Health*. 2017;9(1):75–9.
25. Van Hoof W, Volkaerts K, O'Sullivan K, Verschueren S, Dankaerts W. Comparing lower lumbar kinematics in cyclists with low back pain (flexion pattern) versus asymptomatic

controls—a field study using a wireless posture monitoring system. *Man Ther.* 2012;17(4):312–7.

26. Vera-García FJ, Barbado D, Moreno-Pérez V, Hernández-Sánchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento. *Rev Andal Med Deporte.* 2014;7(3):130–7.

27. Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW, Bi X, Lou SJ, Liu J, et al. A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS One.* 2012;7(12):e52082.

28. Wojan TR, Hamrick KS. Can walking or biking to work really make a difference? Compact development, observed commuter choice and body mass index. *PLoS One.* 2015;10(7):e0130903.

29. Mansour Abdullah Alshehri, van, Klyne DM, Dieën van, Jacek Cholewicki, Hodges PW. Poor lumbar spine coordination in acute low back pain predicts persistent long-term pain and disability. *European Spine Journal.* 2024 Mar 14