

Caracterización de la fuerza de la musculatura del core, bike-fit y variables cinemáticas del pedaleo en ciclistas recreativos según la frecuencia de desplazamiento en bicicleta

Autores

David Javier Ortiz Estupiñán
Julio Cesar Camargo Camacho

INVESTIGACIÓN DIRIGIDA - TRABAJO DE GRADO

ASESORA

Luisa Fernanda Cárdenas
Ft, Ms.c. Ingeniería Biomédica

FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREANDINA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA PROFESIONAL EN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

BOGOTÁ - COLOMBIA
2021

Índice

1 Planteamiento del Problema	3
2 Pregunta de Investigación	4
3 Justificación	5
3.1 Hipótesis.....	3
4 Objetivos	7
4.1 Objetivo General.....	7
4.2 Objetivos Específicos.....	7
5 Estado del Arte	8
6 Marco Teórico	10
6.1 Ciclismo	10
6.1.1 Bicicleta	10
6.1.2 Mecánica del pedaleo.....	11
6.1.3 Configuración de la bicicleta.....	16
6.2 El Core	17
6.2.1 Core en Ciclismo.....	18
6.2.2 Evaluación de Musculatura del Core	18
6.2.3 Test Core.....	19
6.2.3.1 Ito Test.....	19
6.2.3.2 PlankTest.....	20
7 Metodología	21
7.1 Búsqueda de información.....	21
7.2 Variables a evaluar.....	22
7.2.2 Posicionamiento del cuerpo en la Bicicleta (Bike-fit).....	22
7.2.3 Datos cinemáticos.....	23
7.3 Población.....	23

7.4 Procedimiento de Evaluación.....	23
7.5 Recolección y Análisis de datos.....	25
7.5.1 Análisis Estadístico.....	25
8 Resultados	26
8.1 Caracterización de la Fuerza de Core.....	26
8.2 Caracterización de Bike-fit.....	27
8.3 Caracterización Cinemática.....	28
8.4 Correlación.....	29
9 Discusiones	30
10 Conclusiones	31
11 Bibliografía	32

Planteamiento del Problema

Los ciclistas recreativos y/o amateur van en aumento a nivel mundial, gracias a los beneficios que trae consigo la utilización de la bicicleta. Se conoce que la realización de actividad física (ciclismo) con frecuencia trae beneficios para la salud, como también la prevención de enfermedades no transmisibles (OMS, 2021). El impacto al medio ambiente y la rentabilidad de utilizar bicicleta se suman a las razones de su uso incrementado en el país.

Con el uso incremental (diario, semanal o mensual) la acumulación de carga en la región cervical y lumbar va en ascenso, llegando a producir dolores, parestesia en manos o lumbalgia. Por consiguiente, es recomendable complementar esta actividad con un trabajo para el desarrollo de la musculatura del Core, debido a que su mejora puede otorgar un factor protector y de estabilidad en las regiones mencionadas (Sharrock et al. 2011).

Actualmente no hay información de relevancia que relacione la importancia de la musculatura del Core y la cinemática del pedaleo en ciclistas recreativos

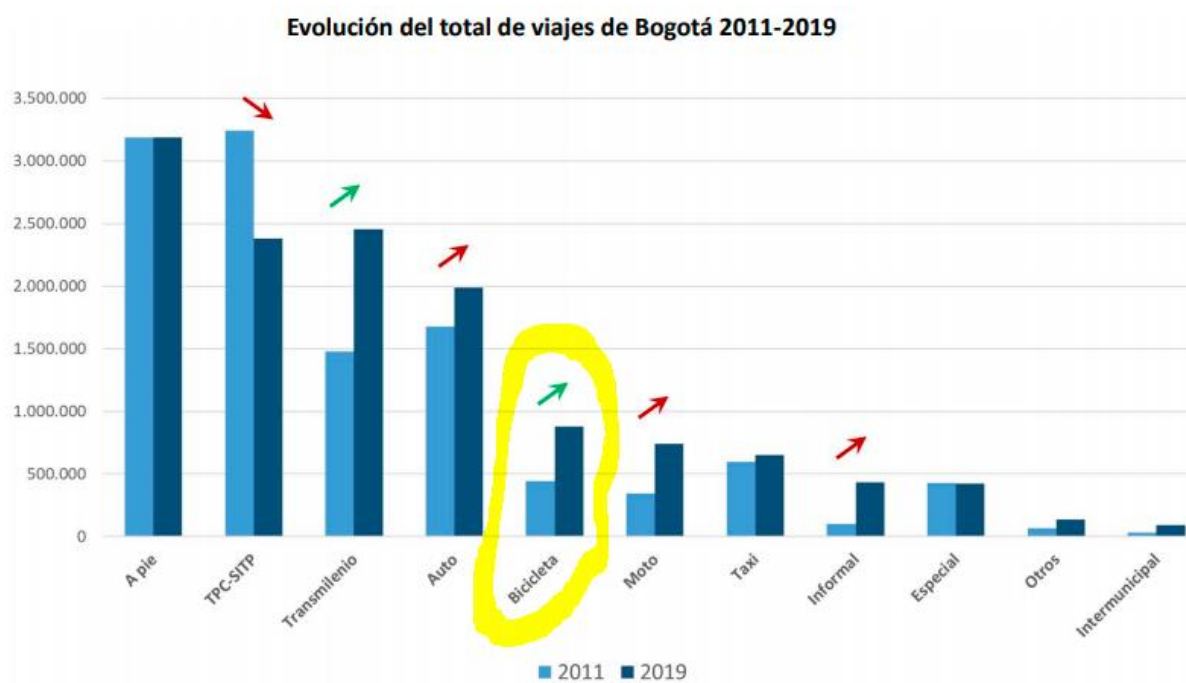
Pregunta de Investigación

¿Cuál es el estado de la musculatura del Core, bike-fit y variables cinemáticas del pedaleo en ciclistas recreativos, que tipo de relación existe entre ellas y con el uso de la bicicleta por semana?

Justificación

La bicicleta se ha convertido en uno de los medios de transporte más utilizados en el mundo, esto debido a varios factores como: rentabilidad, bienestar integral de las personas, y su impacto ecológico (Villalobos R, 2016). La inmersión en este deporte ha ido creciendo a lo largo del tiempo de manera formal y recreativa, generando así grupos de ciclistas recreativos, amateur y profesionales en grandes cantidades a lo largo y ancho del mundo. En Bogotá D.C. (Colombia) en los últimos 4 años se ha ido evidenciando un alza en los viajes diarios en bicicleta (Véase ilustración 1). Cifras que pueden ser más altas dados los fenómenos del último año como el distanciamiento y movilizaciones sociales.

Ilustración 1. Evolución del total de viajes de Bogotá 2011 - 2019



Nota. La ilustración representa el paso de 635.000 a 878.000 (viajes), ubicándola así, como líder, en el ciclismo urbano en América Latina, evidenciando que por cada 1000 habitantes existen 210 bicicletas. Fuente : Alcaldía de Bogotá, 2019

La práctica de ciclismo trae consigo beneficios a la salud, como una mejora en la aptitud aeróbica entre hombres y mujeres y tiene una asociación inversa con: el índice de masa corporal, la obesidad, los niveles de triglicéridos y la presión arterial (Pucher et al., 2010). Sin embargo, a pesar de los beneficios, se debe tener en cuenta que una exposición a esfuerzos físicos de larga duración, puede requerir la adopción de posturas mantenidas, lo cual tiende a generar sobrecarga muscular localizada en la región lumbar, cervical y manos, por lo cual es adecuado complementar esta actividad con una preparación física adicional que permita disminuir los riesgos de lesión y/o enfermedades relacionadas (Ramírez et al., 2016).

Los ciclistas recreativos están más expuestos a un sin número de lesiones cuando participan en recorridos de larga distancia, debido a su inexperiencia o por la falta de preparación física (Ramírez et al., 2016). Las regiones más comunes que presentar dolor con la practica serian: Rodilla, espalda baja, hombro, cadera, mano, pierna , tobillo, codo, superior de espalda y brazo (Priego Quesada et al., 2019), estas vienen acompañadas por: entumecimiento, ampollas, lumbalgia y deshidratación (Yanturali S et al., 2015).

Existen varias alternativas para la prevención y rehabilitación de las lesiones de miembros inferiores, entre las cuales se encuentra el entrenamiento básico de estabilidad del núcleo (Core), ya que, cuando hay una disminución de fuerza en la musculatura de esta zona ocasiona una base proximal inestable, lo cual limita el control y la posición de la extremidad inferior para los movimientos y cargas funcionales; aumentando el riesgo de lesiones en esta actividad deportiva (Bliven K et al., 2013).

En miras de que el trabajo complementario de fuerza de Core sea tenido en cuenta dentro de programas de entrenamiento para prevención de lesiones asociadas al uso frecuente de la bicicleta, se debe analizar el estado de fuerza de la musculatura del Core y ver en qué medida, puede estar relacionada con el desempeño biomecánico en el ciclismo, sin embargo, no se encuentra reportado algún tipo de información relacionada en la literatura.

3.1 Hipótesis

Existe una relación entre la fuerza abdominal evaluado con test convencionales (isométricos), el bike-fit y las variables cinemáticas del pedaleo con la frecuencia de entrenamiento de los ciclistas recreativos.

Objetivos

4.1 Objetivo General

Realizar una caracterización de la fuerza-resistencia, bike-fit y variables cinemáticas del pedaleo en ciclistas recreativos.

4.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre la activación de la musculatura del Core durante el pedaleo y si hay relación de dicha activación con el desempeño biomecánico en usuarios de bicicleta a nivel recreativo.
2. Identificar las variables cinemáticas del pedaleo y el bike-fit.
3. Caracterizar la fuerza-resistencia de los músculos del Core por medio de test de estabilidad y fuerza abdominal.
4. Procesar y analizar los datos obtenidos

Estado del Arte

Investigaciones actuales de cinemática en el ciclismo, describen el cambio angular de ciertas articulaciones a diferentes estímulos. En un estudio reciente (Holliday et al., 2019) se analizaron los cambios en las magnitudes EMG en extremidades inferiores y en la cinemática en 3D de cuerpo completo a 17 ciclistas en 3 intensidades diferentes de la FCMax (Frecuencia Cardíaca Máxima), al 60% , 80% y 90 %. Cuyo resultado fue el aumento de magnitudes y ángulos, al incrementar la intensidad en las articulaciones de: tobillo, rodilla , codo y segmentos de la zona lumbar y torácica. Claramente los autores refieren que “Se han sugerido recomendaciones previas para la posición de ciclismo óptima para el miembro inferior, sin embargo, a partir de estos resultados, es esencial que también se tengan en cuenta los segmentos de la columna lumbar y torácica” (Holliday et al., 2019).

De manera similar, Pouliquen et al., en 2021, buscaron encontrar y cuantificar la influencia del aumento en la producción de potencia en la cinemática articular y la actividad electromiografía durante una prueba incremental en 12 ciclistas profesionales. La prueba consistió en un incremento escalonado continuo de 50 w cada 2 minutos hasta el agotamiento, dando como resultado disminución en los rangos de movilidad en las articulaciones de cadera y rodilla. *“Estos indicadores sugirieron adaptaciones neuromusculares que preceden a las modificaciones cinemáticas articulares a medida que aumenta la carga de trabajo”* (Pouliquen et al., 2021). Con esto se puede ver que la cinemática en ciclismo se enfoca en ciertas articulaciones en concreto, como: rodilla, tobillo y cadera, dado que son estas las que más influyen en el gesto técnico. Por ende a medida que la intensidad y carga suben se denota la afectación en los ángulos al terminar la prueba, siendo una base importante para comenzar a correlacionar las variables en el gesto deportivo.

Durante el ciclismo, la musculatura del Core ha sido subvalorada, sin embargo en los últimos años esta región del cuerpo ha atraído la atención de los profesionales del deporte, ya que se le relaciona directamente con un mejor equilibrio postural. Uno de los primeros estudios de esto fue en 2007 por Smoliga et al., donde principalmente determinaron la relación entre la mecánica del ciclismo y la estabilidad del núcleo, para este estudio se tomaron datos sobre la fuerza del pedal y la cinemática de la articulación de la cadera, la rodilla y el tobillo (articulaciones mencionadas con anterioridad cuya importancia en el gesto es elevada) en 15 ciclistas, realizando un protocolo de fatiga central antes de una prueba de ciclismo exhaustivo. Los resultados obtenidos mostraron una mecánica del ciclismo alterada que podría ser un precursor de lesiones debido a que la articulación de la rodilla está potencialmente expuesta a un mayor estrés. Teniendo en cuenta esta información es correcto afirmar que un entrenamiento en la musculatura Core podría promover una mejor alineación de las extremidades inferiores. Siguiendo esta línea para Rostami et al., en 2015 comparó el grosor de los músculos abdominales laterales y el área de sección transversal de los músculos multifidos lumbares de ciclistas todoterreno en competición con y sin dolor lumbar. Se encontró que poseían menor grosor en los músculos mencionados, como también una disminución de resistencia en la espalda, aquellos ciclistas que presentaban alguna molestia en la región lumbar.

Dado lo anterior, se podría decir que la musculatura Core en el ciclismo se ha venido estudiando como un elemento importante para la prevención de lesiones a nivel de tronco y extremidades inferiores en el ciclista. Pasando de ser una región sin importancia a una parte fundamental del entrenamiento en los ciclistas en general.

La postura en el ciclismo, o también conocido como bike-fit, es un elemento que contempla innumerables estudios, y usualmente es descrita a través de la cinemática, ya que, permite ver de forma precisa alteraciones en el ciclo de pedaleo. Priego Quesada et al., 2017, evaluaron la influencia de diferentes posiciones de la bicicleta con la percepción de fatiga, dolor y comodidad, para ello, realizaron 3 pruebas en 20 ciclistas, donde debían adoptar y mantener tres posiciones definidas por dos parámetros: el ángulo de flexión de rodilla (20°, 30°,40°) y ángulo de flexión de tronco (35°,45°,55°), dando como resultado que la flexión de rodilla de 30° y ángulo de flexión de tronco de 55° fueron las posturas más cómodas y en contraparte la flexión de rodilla de 40° y flexión de tronco de 35° como la más incómodas. Uno de los estudios más recientes es el de Gatti et al, 2021 , donde su propósito fue desarrollar una ecuación para predecir la altura del sillín a partir de: la antropometría, geometría de la bicicleta y la cinemática articular, tomaron como participantes a 40 adultos (17 mujeres, 23 hombres), en los cuales se realizaron análisis cinemáticos para 18 rondas de ciclismo, cada una de 3 minutos, incluidas todas las combinaciones de posiciones de sillín : 3 horizontales y 3 verticales, como también 2 longitudes de brazo de manivela. Se obtuvieron dos ecuaciones: la primera según el ángulo mínimo de flexión de rodilla, $\text{Altura del sillín (cm)} = 7,41 + 0,82 (\text{cm entrepierna}) - 0,1 (\text{flexión mínima de la rodilla } ^\circ) + 0,003 (\text{entrepierna cm}) (\text{ángulo del tubo del sillín } ^\circ)$ y la segunda respecto a la flexión máxima de rodilla, $\text{Altura del sillín (cm)} = 7,41 + 0,82 (\text{cm entrepierna}) - 0,1 (\text{flexión mínima de la rodilla } ^\circ) + 0,003 (\text{entrepierna cm}) (\text{ángulo del tubo del sillín } ^\circ)$, estas ecuaciones claramente indican la relación que existe entre la antropometría del ciclista y la geometría de la bicicleta. Hoy en día, se vienen trabajando mejoras en estas fórmulas, para la obtención de una configuración cada vez más precisa de la bicicleta, disminuyendo el riesgo a lesiones y aumentando el rendimiento del ciclista.

En resumen, y como conclusión resulta importante analizar la fuerza del Core y cinemática en el deporte y evaluar si estas variables tienen relación entre sí. Adicional a esto el estudio de la postura (totalidad de las regiones implicadas) en conjunto con la cinemática en el ciclismo y la geometría de la bicicleta, son una herramienta valiosa para una configuración específica, y aplicarla a los ciclistas sin importar su grado de competición u objetivos personales.

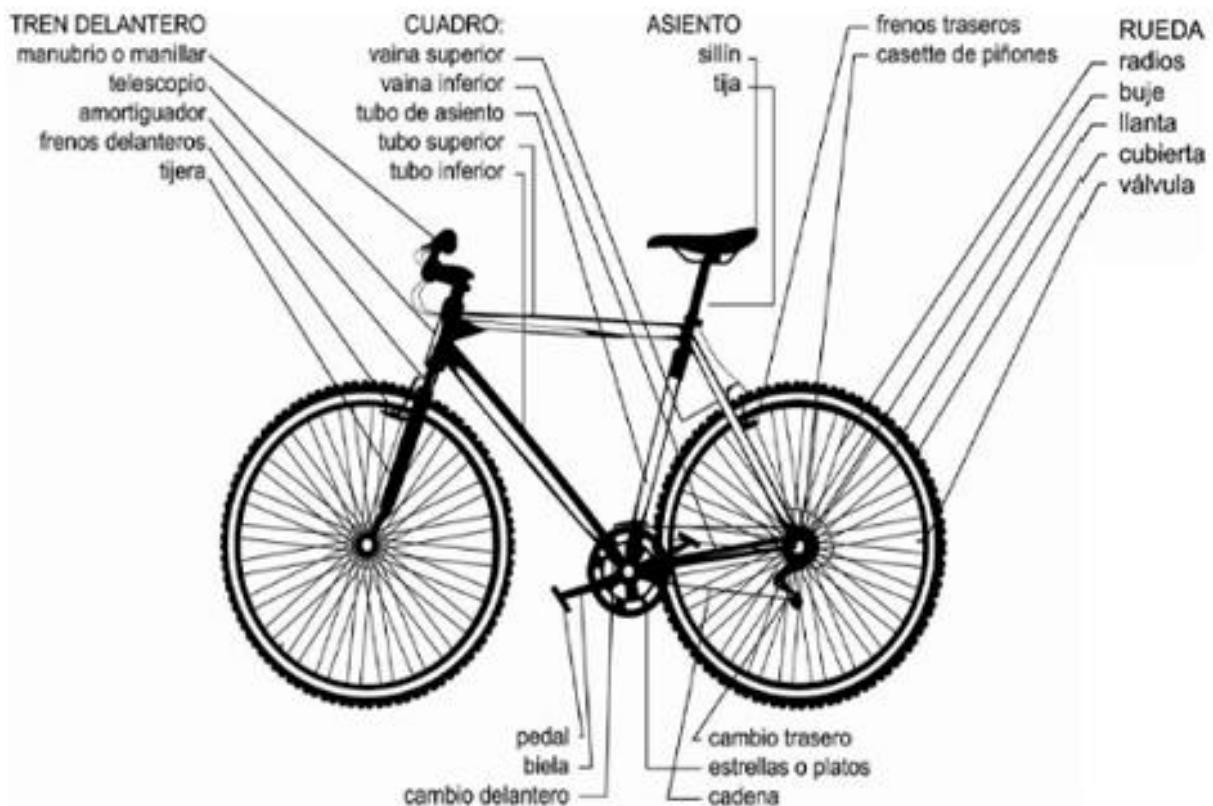
Marco Teórico

6.1 Ciclismo

6.1.1 Bicicleta

Es un vehículo de dos ruedas, normalmente de igual tamaño, cuyos pedales transmiten el movimiento a la rueda trasera por medio de un plato, un piñón y una cadena (Real Academia Española, 2020), sin embargo su sistema es más complejo que eso, las ruedas están alineadas y fijadas a un soporte; llamado cuadro, esta se dirige por medio de un manillar que la persona toma con las manos; sentada en un sillín, que permite la combinación de pedales y engranajes impulsados por los pies (Rojas, P,2016). Los componentes de la bicicleta por lo general y a groso modo suelen ser 5. (Figura 1)

Figura 1 . Componentes de la bicicleta



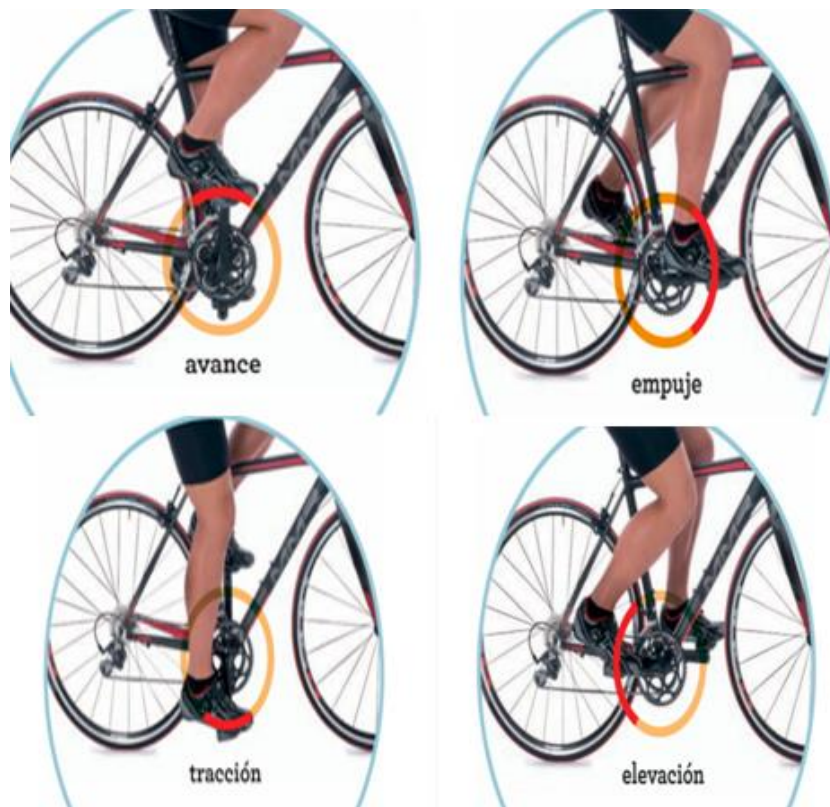
Nota. El grafico representa los componentes de la bicicleta :El tren delantero está compuesto por el manubrio, tijera, amortiguador, telescópico. El cuadro consta de: el tubo de asiento, tubo superior e inferior, vainilla superior e inferior. El asiento, compuesto por: el sillín y la tija. Las ruedas consisten en: radios, buje, llantas, cubierta (coraza), válvula. La transmisión: pedales y bielas, cambio delantero, cadena y cambio trasero. (Rojas, P,2016) .

6.1.2 Mecánica del Pedaleo

El gesto principal en el ciclismo es el pedaleo, este es movimiento circular y cíclico que por medio de un esfuerzo anisométrico (Seijas, G. 2016) y gracias a la transferencia de fuerzas de los músculos del ciclista hacia la transmisión (pedales, bielas, plato, piñón, rueda) genera el movimiento de la bicicleta (Korff et al. 2007). Para Seijas, 2016 existen 4 fases principales del pedaleo siendo (véase figura 2):

- Avance: Es la parte del recorrido del pedaleo en la que el pie se encuentra en la zona más alta (el pie avanza hacia adelante), y se prepara para el empuje (Seijas, G. 2016).
- el pie se encuentra a mitad de recorrido, realizando un empuje del pedal hacia abajo. En esta fase abajo. (esta es la fase que requiere un mayor esfuerzo) (Seijas, G. 2016).
- Tracción: El pedal se encuentra más abajo y se desplaza hacia atrás, en este se disminuye el esfuerzo muscular requerido (Seijas, G. 2016)..
- Elevación: El pedal asciende y requiere un esfuerzo muy limitado o de recuperación, dado que la extremidad opuesta se encuentra en la fase de empuje y lleva el peso del esfuerzo (Seijas, G. 2016).

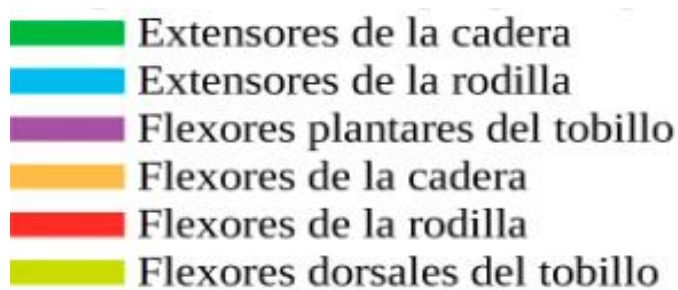
Figura 2. Fases del pedaleo.



Nota. El grafico representa las 4 principales fases de pedaleo y su correcta ejecución (Seijas, G. 2016)

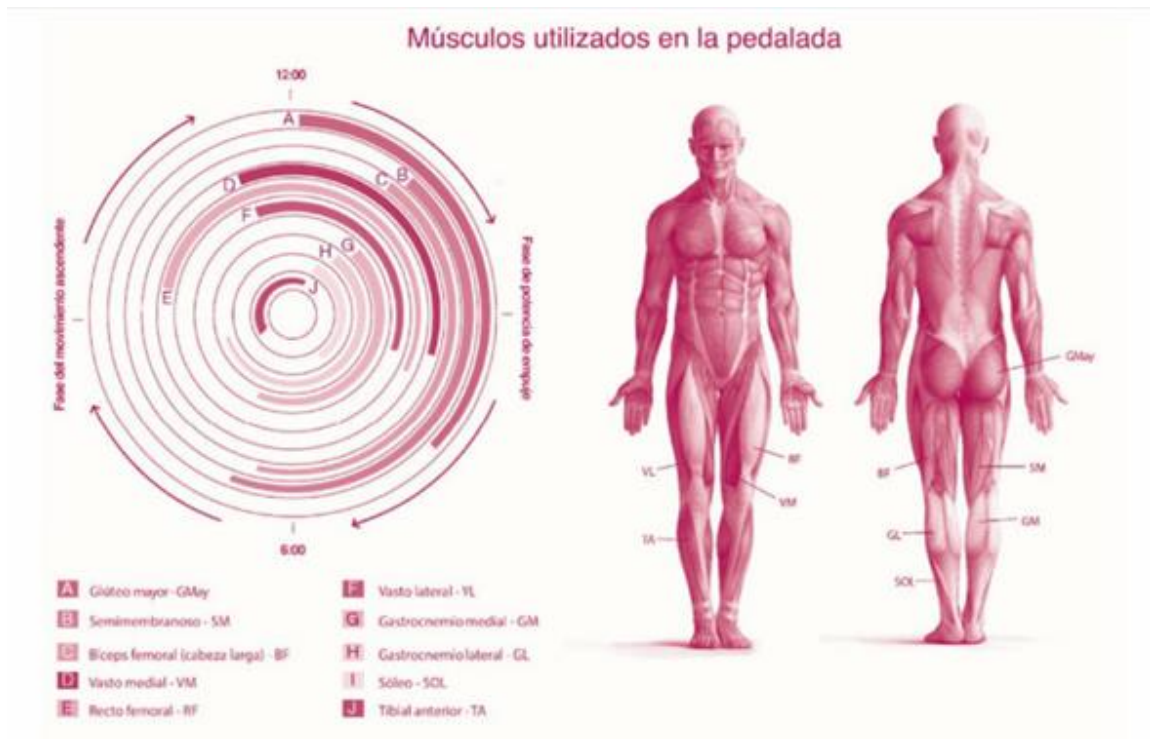
En cuanto al apartado muscular, se encuentran diferentes grupos musculares; los extensores de la cadera, siendo el más importante el glúteo mayor, ya que este tiene un papel fundamental en las fases de empuje y tracción. Los extensores de la rodilla (tienen un enfoque directo a las fases de avance y empuje) y extensores de la cadera junto con los flexores plantares del tobillo, acumulan la mayor carga de trabajo y esfuerzo del pedaleo. Los músculos flexores del tobillo, (el gastrocnemio y el sóleo) realizan el mayor trabajo en la fase de empuje y tracción. Los músculos flexores de la cadera, realizan una acción sinergista (menor participación) que los anteriores mencionados, ya que intervienen principalmente en la fase de elevación y avance, donde los esfuerzos son menores (véase figura 3) (Seijas, G. 2016). Existe también la forma en que se activan o se utilizan los músculos con relación al reloj (véase figura 4).

Figura 3. Grupos musculares que participan en el pedaleo



Nota. Representación de los músculos según su participación en las fases de pedaleo. (Seijas, G. 2016).

Figura 4. Fases del pedaleo y músculos activos en el ciclismo.



Nota. Descripción de la activación de los músculos en las diferentes fases del pedaleo (Van Dijk et al., 2019).

Sin embargo, hay ciertos músculos que no trabajan de manera directa en el gesto del pedaleo, pero, si tienen una gran incidencia en la estabilidad de la posición y el apoyo sobre la bicicleta (véase figura 5). Se refiere a los músculos extensores del cuello y cabeza, donde existe un trabajo isométrico para poder realizar una mirada hacia delante, esta sección, debe ejercer una extensión del cuello debido a la naturaleza de la postura del ciclismo, los músculos más importantes son: el esplenio de la cabeza, del cuello, los semiespinoso de cabeza y cuello. De igual manera, los extensores del tronco cumplen una función estabilizadora a las posturas que se adopta en la bicicleta, destacándose músculos como: el iliocostal torácico, el lumbar, multifidos y el cuadro lumbar. Otro grupo muscular que apoya la postura son los fijadores del hombro, ya que determinan, junto con las articulaciones, el grado de inclinación del tronco sobre el manillar, principalmente actúan: deltoides, pectoral mayor, dorsal ancho, redondo mayor y menor. Igualmente los músculos extensores de codo, permanecen activos durante gran parte de la práctica del ciclismo ya que evita el vencimiento (acumulación de fatiga) del ciclista sobre el manillar, destacando los músculos tríceps braquial y ancóneo. Para terminar, pero no menos importante los músculos extensores del tronco, son los encargados de mantener un agarre firme y seguro sobre el manillar, los músculos protagonistas son: flexor radial del carpo, el palmar largo, el flexor cubital del carpo y flexor profundo de los dedos (Seijas, G. 2016).

Figura 5. Otros músculos implicados en el ciclismo.

- Extensores del cuello y la cabeza
- Extensores del tronco
- Fijadores del hombro
- Extensores del codo
- Flexores de la muñeca y los dedos



Nota. Músculos implicados a nivel general en el ciclismo (Seijas, G. 2016).

Las articulaciones que requieren mayor rango de movimiento en el pedaleo son: la cadera y la rodilla. La rodilla, aproximadamente a unos 75° , 110° en TDC (Top dead Center-Punto Muerto Superior), hasta unos 25° a 35° en BDC (the bottom dead center-Punto Muerto Inferior). La cadera, tiene aproximadamente un movimiento de 55° en plano sagital, así mismo, la articulación del tobillo suele mantenerse en 25° (Wadsworth & Weihrauch, 2019).

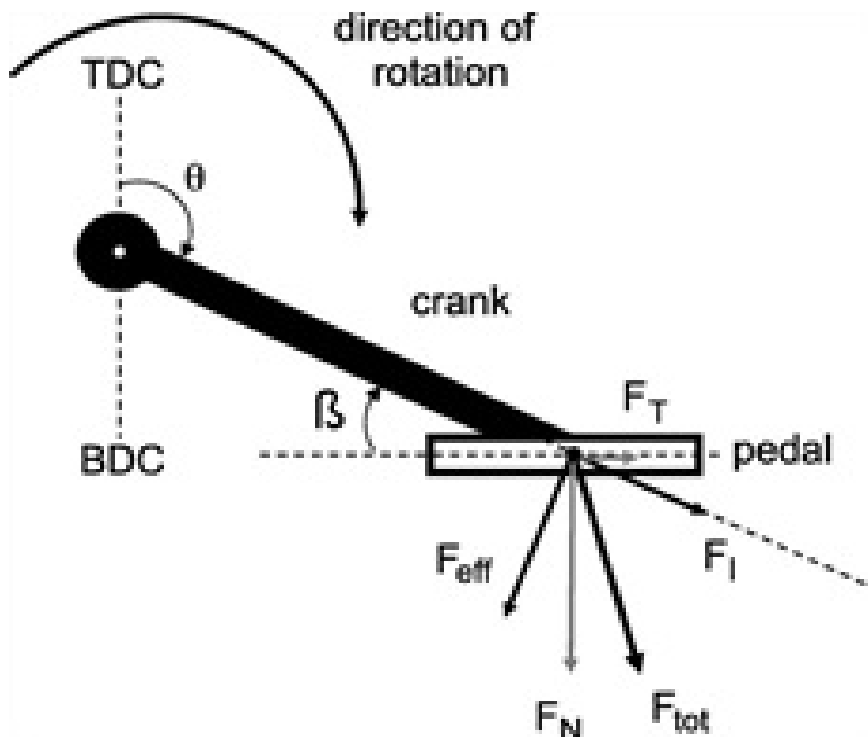
Hay dos fuerzas que actúan sobre el pedal, (véase Figura 6 y 7) la primera es la tangencial, la cual, produce el movimiento en las bielas, esta corre de manera perpendicular a la biela durante los 360° de rotación (Van Dijk et al., 2019), la segunda es la radial, esta actúa en paralelo y directamente a lo largo de la longitud de las bielas, hacia afuera de la caja de pedalier. Estas dos magnitudes son el resultado de la fuerza del pedal. (sería ideal que el 100% actuara tangencialmente y 0% radialmente, pero esto en la realidad no se puede conseguir) (Van Dijk et al., 2019)

Figura 6. Fuerzas que actúan sobre el pedal



(Van Dijk et al., 2019)

Figura 7. Representación de las fuerzas que actúan sobre el pedal en plano sagital.



Nota. Específicamente se refiere a: F_{eff} , siendo la fuerza tangencial, F_i , Fuerza Radial. F_{tot} , siendo la fuerza total. (Dorel et al., 2009)

6.1.3 Configuración de la bicicleta (Bike-Fit)

Figura 8. Longitudes de la Bicicleta



Nota. SH, Altura del sillín, medida en milímetros (mm), desde el centro del eje de la manivela hasta la parte superior del punto medio del sillín. sS, es el retroceso del sillín, medido en (mm), como la distancia horizontal entre una línea vertical proyectada desde el centro del eje de la manivela hasta la punta del sillín. sT, inclinación del sillín, medida en (mm) desde la horizontal. CL, manivela, longitud medida en (mm) desde el centro del eje de la manivela hasta el centro del eje del pedal. Stem: potencia del manillar, descrita como la longitud en (mm) y ángulo. tt, es la sección del tubo superior del cuadro de la bicicleta. Hd, es la caída del manillar, medida en (mm) desde el centro de la parte superior del sillín hasta la parte superior del manillar adyacente al stem. (Wadsworth & Weinrauch, 2019).

Las medidas de la bicicleta son uno de los elementos a tener en cuenta al momento de entrenar y practicar el ciclismo (véase figura 8). Para ello es recomendable la realización de una historia clínica del ciclista, junto con dos exámenes físicos generales: el primer examen; es para evaluar patologías e identificar un diagnóstico potencial, el segundo; mide las variables antropométricas y musculoesqueléticas que se necesitan al momento de ajustar la bicicleta (Wadsworth & Weinrauch, 2019).

Para la adecuación del sillín, se pueden utilizar varios métodos, probablemente el primero con soporte científico e investigativo, es el planteado por Hamley y Thomas en 1967, sugieren que, la altura del sillín debe establecerse al 109% de la medida de la longitud de la entropierna, sin embargo, el utilizado por Howard, que al emplear un ángulo de rodilla de 30 °, con el pedal en el punto muerto inferior y el ciclista sentado en el sillín. No obstante para Holmes, implica la medición del ángulo de la rodilla flexionada

cuando el pedal está en el punto muerto inferior y el ciclista está sentado en el sillín, para una flexión de 25 ° en rodilla (Bini et al. 2011). Se recomienda el uso del método Holmes (25 ° en rodilla) tanto para la prevención de lesiones como para el rendimiento (PEVELER, 2008), luego de que los ciclistas hayan realizado cambios para lograr un ajuste óptimo, pueden acarrear dolores o molestias antes de que el cuerpo genere una adaptación a la nueva postura (Burke ER, 1994).

6.2. El Core

También conocido como complejo lumbo pélvico-cadera, es un espacio tridimensional con límites musculares: diafragma (superior), músculos abdominales y oblicuos (anterolateral), músculos para espinales y glúteos (posterior) y suelo pélvico (inferior) (Huxel Bliven & Anderson, 2013). Los músculos del Core, incluidos el transverso del abdomen, el multifido, el diafragma y el suelo pélvico, contribuyen a la estabilidad de la columna (Enix et al., 2009), además, los músculos del Core no solo protegen la columna de la fuerza excesiva, sino que también se ha sugerido que desempeña un papel importante en la estabilización del cuerpo y la generación de fuerzas durante las actividades deportivas (Hung et al., 2019).

El modelo de Panjabi explica los mecanismos de estabilización del núcleo, el cual, incluye 3 subsistemas independientes: control pasivo, activo y neural. El subsistema pasivo; comprende los tejidos estáticos, incluidas vértebras, los discos intervertebrales, los ligamentos y las cápsulas articulares, este tiene como objetivo, estabilizar el rango final de movimiento a medida que aumentan las fuerzas de tracción (Huxel Bliven & Anderson, 2013) (Panjabi, 1992), el subsistema activo; consiste en la musculatura central y proporciona una estabilización dinámica a la columna vertebral y al esqueleto apendicular proximal (Huxel Bliven & Anderson, 2013) (Panjabi, 1992), El subsistema de control neural; es el centro de las señales entrantes y salientes, que produce y mantiene la estabilidad del Core. Asimismo, ningún sistema trabaja por separado, es necesario una interacción de los 3 para mantener la estabilidad (Huxel Bliven & Anderson, 2013).

Para poder mantener la estabilidad del núcleo, el cuerpo debe controlar el tronco en respuesta a perturbaciones internas y externas, las cuales incluyen fuerzas generadas por las extremidades distales (Sharrock et al., 2011), asimismo, un desequilibrio en las fuerzas de la musculatura del Core (encargada de la alineación pélvico-femoral en los planos transversal y frontal) provocaría una desalineación de las extremidades inferiores, lo que puede significar un aumento de lesiones (Abdallah et al., 2019). Hay que mencionar, además que la estabilidad de Core tiene un papel importante en la prevención de traumatismos, y puede usarse para evaluar el riesgo de sufrir algún tipo de daño, los atletas que poseen niveles altos de estabilidad del Core, suelen ser menos susceptibles a sufrir algún tipo de trauma (Sharrock et al. 2011), también, los atletas con abductores de cadera débiles y/o rotadores externos tienen un valgo de rodilla aumentado, asimismo

los músculos de la cadera, afectan la capacidad de producción de fuerza de los cuádriceps y los isquiotibiales (Abdallah et al., 2019).

6.2.1 Core en el Ciclismo

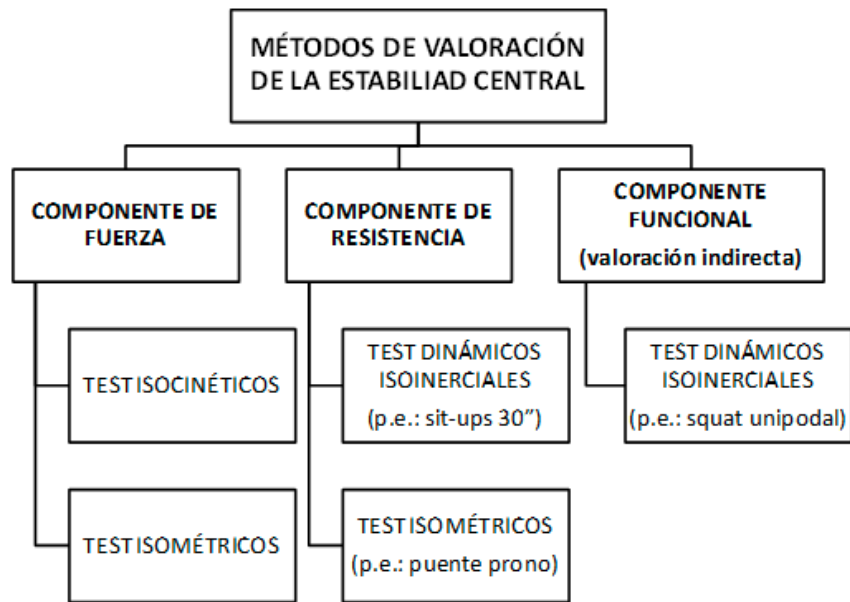
Durante la mecánica del ciclismo, la potencia entregada a los pedales se produce por la acción de las articulaciones de: tobillo, rodilla y cadera, como también por las acciones de la parte superior del cuerpo, que transfieren y suman potencia a través de la cadera (Elmer et al. 2011), así mismo, la potencia máxima y media en los ciclistas, está altamente correlacionado con la fuerza muscular máxima que se encuentra alrededor de la articulación de la cadera (Park et al., 2019). Gracias a los registros de electromiografía (EMG), para registrar la actividad en los músculos abdominales y los multifidos durante los movimientos voluntarios de la extremidad inferior, se confirma, que el músculo abdominal más profundo y, el transverso del abdomen es invariablemente el primer músculo en activarse automáticamente y prepararse para el movimiento, seguido de cerca por el multifido, dando a entender que el sistema nervioso central crea una base estable para el movimiento de las extremidades inferiores (Willson et al., 2005). Por ende, el Core, está explícitamente involucrado en las acciones biomecánicas y en el gesto deportivo general del ciclismo, siendo una parte fundamental para trabajar en los entrenamientos de los deportistas sin importar si su práctica es recreativa, competitiva, o profesional.

6.2.2 Evaluación de Musculatura del Core

Para Elvar et al. 2012, expresan que existen de manera global 3 divisiones de métodos para evaluar la musculatura del Core, los cuales, valoran y miden los diferentes componentes del Core (fuerza, resistencia muscular, potencia, capacidad propioceptiva, etc.) ya que no existe de manera específica un test que evalúe directamente y completamente todas estas. Por ende se dividen de la siguiente manera:

- 1) Tipo isocinética, mide: fuerza y el trabajo producido.
- 2) Tipo isométrica, mide: fuerza y/o resistencia muscular.
- 3) Tipo isoinercial, por medio de ejercicios dinámicos, para medir indirectamente la potencia, resistencia o fuerza muscular.

Gráfica 2. Métodos de valoración de la estabilidad central



(Elvar et al. 2012)

Teniendo en cuentas las variables a evaluar en el presente estudio, como también la relación que tiene directamente con la postura y la cinemática del pedaleo en el ciclismo, se optó, por ejecutar 2 test tradiciones isométricos, (los cuales se explicaran a continuación) donde se evalúa la fuerza, resistencia y estabilidad de la zona del Core como primordial factor de incidencia.

6.2.3 TEST Core

6.2.3.1 Ito test

Para evaluar la resistencia de los músculos flexores del tronco, se planteó el Ito Test (Ito et al., 1996). Este se realiza con el sujeto ubicado decúbito supino, con la cadera pélvica y rodillas flexionadas a 90° (el evaluador toma los tobillos del participante) los brazos se entrelazan, de manera que cada mano agarra el hombro del brazo contrario, manteniendo esta posición, deberán realizar una flexión de tronco hasta lograr tocar los codos en la zona medial/inferior del músculo recto femoral. El test consiste en mantener la posición de flexión del tronco el mayor tiempo posible.(véase figura 9)

Figura 9. Ito test



Nota. Ejecución del Ito test. Fuente : Propia, 2021

6.2.3.1 Puente o plancha prono (PP):Plank test

Este test, busca valorar la resistencia de la musculatura anterior (recto anterior y transverso) y posterior del tronco (erector espinal y multifidos) (Bliss & Teeple, 2005). Consiste en mantener el peso corporal del sujeto, exclusivamente sobre los antebrazos/codos y los dedos de los pies (4 apoyos) en una posición de decúbito prono, manteniendo en todo momento una alineación lumbo-pélvica neutra. Los brazos deben estar perpendiculares al suelo y formando un ángulo de 90° con los antebrazos, los codos y antebrazos se mantendrá separados a la anchura de los hombros.(Nuzzo & Mayer, 2013). El test consiste en mantener esta posición la mayor cantidad de tiempo posible (véase figura 10).

Figura 10.Plank Test

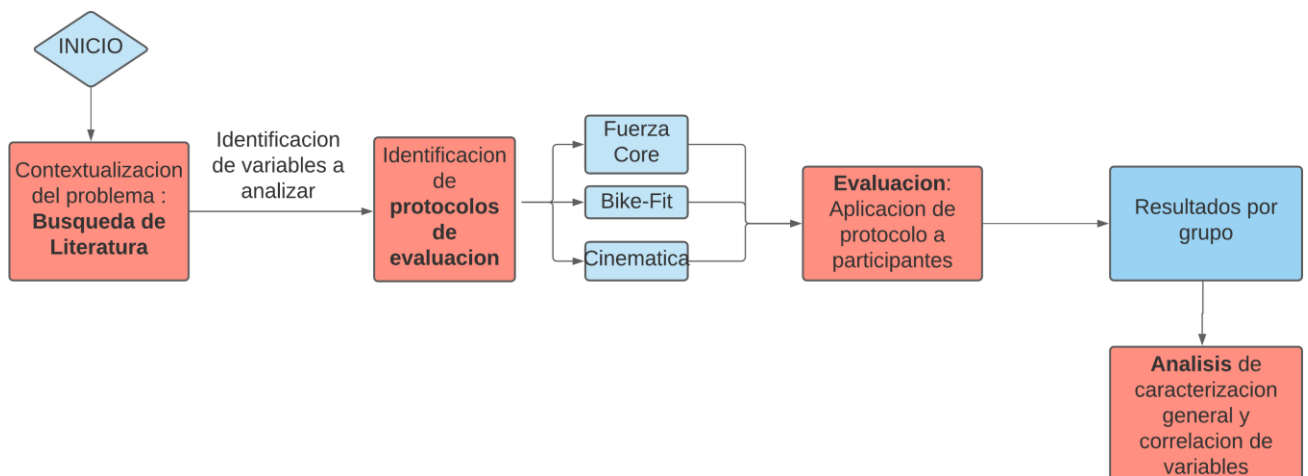


Nota. Participante ejecutando el Plank test. Fuente : Propia, 2021

Metodología

Para realizar el presente estudio se contemplaron una serie de pasos que se describen en la ilustración 11. En primera medida, se consultó temas sobre el ciclismo: configuración y longitudes de bicicleta, mecánica y cinemática del pedaleo, activación muscular con énfasis en el Core músculos y su incidencia directa o indirectamente en el pedaleo. Luego, se identificaron y clasificaron protocolos de: evaluación de la fuerza del Core que mejor identificaban la estabilidad del tronco, posicionamiento del cuerpo en la Bicicleta y proceso de evaluación cinemática. Por último se agruparon los datos de las variables medidas (Fuerza de Core, Bike-fit y Datos cinemáticos) y por medio de correlaciones se intentó hallar el grado de asociación entre ellas y poder refutar o confirmar la hipótesis.

Figura 11. Diagrama metodológico



Fuente propia

7.1 Búsqueda de Literatura

Se realizó una búsqueda en la National Library of Medicine, también en la plataforma e-libro. Las palabras claves fueron : Cinemática, Ciclismo, Core, Mecánica del Pedaleo, Bike-Fit. El estudio se hace con 31 artículos y 2 libros. Cuyo contenido nos brinda información necesaria para plantear y argumentar los protocolos que se aplican de manera experimental, dejando claro los test a utilizar y las variables a encontrar.

7.2 Variables a evaluar

7.2.1 Fuerza de Core

Por medio de los test de estabilidad y resistencia ito test y plank test donde los participantes deberán mantener una posición durante el mayor tiempo posible (Ver descripción detallada en el marco teórico, evaluación de la musculatura de core). Los datos se registran en segundos, para luego ser relacionados con los demás datos.(teniendo como referencia la tabla obtenida de Strand et al., 2014. para la plancha y la tabla de Castro, 2017 para ito test)

Tabla 1. Puntuaciones de percentiles por sexo y puntuaciones de percentiles por condición deportiva

Percentil	Hombre (n = 194)	Mujer (n = 275)	No universitario (n = 109)	Universitario (n = 361)
10°	62	35	37	59
20°	79	48	53	66
30°	89	58	62	82
40°	97	63	71	92
50°	110	72	83	104
60°	122	84	94	123
70°	137	95	106	149
80°	157	108	123	178
90°	201	142	151	200

Nota. Tiempo de fatiga en la prueba de plancha (todos los valores en segundos)

Tabla 2. Estadísticos descriptivos y fiabilidad absoluta y relativa del Ito test

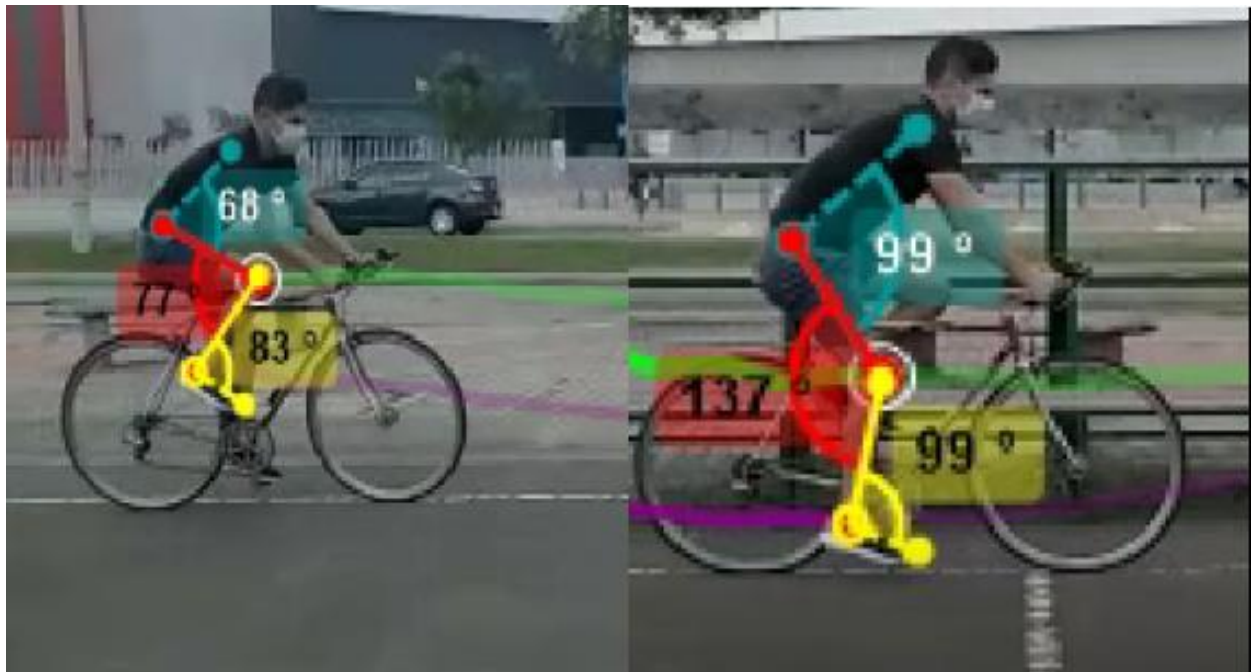
Variables		(media±DE)
IT (s)	Hombres	90.85±33.93
	Mujeres	100.11±60.68
	Total	94.55±46.08

Nota. s: segundos; DE: desviación estándar

7.2.2 Posicionamiento del cuerpo en la Bicicleta (Bike-fit)

Se muestra (véase figura 12) el correcto posicionamiento del sujeto sobre el artefacto, junto con la adecuada configuración de la bicicleta por medio del Bike-fit, de igual manera se describen los ángulos de manera sagital de las articulaciones de: cadera, rodilla y tobillo ,mismos ángulos que se tendrán en cuenta para la obtención de las variables en la cinemática del pedaleo en 2 momentos (BDC y TDC).

Figura 12. Posicionamiento del cuerpo en la bicicleta.



Nota. Participante ejecutando la prueba en bicicleta , resaltando articulaciones de la rodilla, tobillo, cadera y hombro.

7.2.3 Datos cinemáticos

Para la obtención de las variables cuantitativas se utilizó el programa Kinovea (última versión) donde, gracias a la ubicación de marcas en las articulaciones de: Tobillo, rodilla, cadera y hombro, se logró conseguir los siguientes datos:

- Cinemática Lineal de Rodilla (Velocidad en X, Y; Aceleración en X, Y)
- Cinemática Lineal de Tobillo (Velocidad en X, Y; Aceleración en X, Y)
- Cinemática Angular (Velocidad angular Tobillo, rodilla, cadera)
- Ángulos (Tobillo, rodilla, cadera)
- Duración tiempos de Test

Los anteriores datos fueron analizados durante un ciclo completo de pedaleo.

7.3 Población

La muestra del presente estudio es a conveniencia, en donde se incluyeron 15 personas, 4 mujeres (edad media = 21 años) y 11 hombres (edad media = 23,4 años). Todos los participantes debían cumplir los siguientes criterios de inclusión y exclusión: Tiempo de práctica como bici usuario a nivel recreativo de al menos 3 meses, ubicación cercana, disponibilidad de horarios para toma de evaluación, bicicleta propia y que no se presentara lesiones o dolores localizados (zona lumbar o articulaciones de miembros inferiores) activos en los últimos 3 meses. De igual manera, se les solicitó completar el consentimiento informado para el uso de imágenes, datos y videos con fines netamente académicos.

7.4 Procedimiento de Evaluación

Se realizó una plantilla, para la autorización y utilización de la toma de imágenes, audio, y videos, como también la participación voluntaria en investigaciones, que permite el uso de los datos de cada participante (Cada plantilla debe ser diligenciada con su propia letra e información verídica). Para la toma de videos, datos y evidencia fueron necesarias dos sesiones, acompañadas de un protocolo. El diligenciamiento de los documentos se ejecutó en la sesión uno, donde, se le explico detalladamente a cada participante: ¿que se iba a realizar?, ¿cuál era el fin?, posibles riesgos, y ¿por qué debía ser grabado?. (de no cumplir con los requisitos de inclusión, no podría formar parte del estudio), luego, de aceptar las condiciones, procedimos a la ejecución de los test de fuerza y estabilidad muscular de Core (Ito test y Plank test) del protocolo 1, (véase figura 13) estos fueron evaluados según la cantidad de tiempo que duraban en dicha postura, para la segunda sesión, se grabó al participante andando en bicicleta en un espacio de 23 x 26 mts, para identificar su técnica de pedaleo, (véase figura 11) siguiendo los lineamientos planteados en el protocolo 2 (véase figura 14).

Figura 13. Protocolo 1

Protocolo		
	Descripcion de actividades	Observaciones
Activacion Muscular	<ul style="list-style-type: none"> * Movilidad Articular : Rotacion , flexion y extension de (cadera , abdomen) durante 10 sg cada uno. * Elevacion de rodilla y flexion de tronco , estatico 1 min .Alternando * Skipping bajo con elevacion de rodilla tocando codo contrario durante 2 Min * Skipping bajo , con desplazamiento laterla y toca punta de pies 2 Min 	Si presenta mareo , o dolor localizado, parar la actividad de inmediato
Test	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ito Test 2. Slide-Bridge test 3. Plank test 	Descanso entre test de 5 Min
Recuperacion	<ul style="list-style-type: none"> * Postura " Gato" : en 6 apoyos realizar una curvatura de la espalda, libernado tension en la zona lumbar 30 Sg. * En 6 apoyos llevar la cadera y los gluteos hasta los tobillos manteniendo la extension de los brazo y la cabezamiando al piso.sostener 30 sg * Ubicados en posiciono anatomica , tomar la zona lumbar con las manos y llevar la cadera hacia adelante levemente, cabeza hacia atras y sostener 30 sg. 	Hidratacion al finalizar. De ser necesario utilizar los ejericos de recuperacion entre los test

Nota.

Protocolo 1, utilizado en la primera sesión ,después de haber diligenciado los documentos. fuente: Propia 2021

Figura 14.Protocolo 2

Protocolo 2		
	Descripcion de actividades	Observaciones
Activacion Muscular	<ul style="list-style-type: none"> * Movilidad Articular : flexion y extension de (cadera ,rodila, tobillo, tronco) durante 10 sg cada uno. * Elevacion de rodilla y flexion de tronco , estatico 1 min .Alternando * Saltos de estrella a un ritmo leve 1 Min * Skipping bajo , con desplazamiento en diferentes direcciones 1 Min 	Si presenta mareo , o dolor localizado, parar la actividad de inmediato
Prueba	1. Prueba de Desplazamiento: El participante debera recorrer 2,604 Metros en su bicicleta los cuales realizara en una cancha de futbol sala de (42 x 26 Mt) realizando 21 vueltas a esta. Tendra resaltados dos puntos, en las articulaciones de: rodilla y tobillo del lado dominante. Se grabaran en intervalos de vueltas de la siguiente manera (1, 5 , 10 , 15 ,20 y 21)	<ul style="list-style-type: none"> *Pedaleo natural *Velocidad de su comodidad no superior a los 15 km /h
Recuperacion	<ul style="list-style-type: none"> * Caminata ritmo leve alrededor del sitio de grabacion durante 1 minuto en diferentes direcciones. *Inahalar y exalar profundamente acompañando de elevacion y flexion de hombro para acompañar la respiracion (4 veces) 	Hidratacion al finalizar.

Nota. Protocolo 2, utilizado en la segunda sesión para toma de datos de la cinemática del pedaleo. Fuente: propia

7.5 Recolección y Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron agrupados en un matriz donde se dividieron en 3 grupos, según su nivel de actividad física y/o entrenamiento del ciclismo recreativo por semana.

- Grupo 1: 1 vez por semana/Realiza otra actividad o no, 4 participantes (todos Hombres)
- Grupo 2: 2 veces por semana/Realiza otra actividad o no (2 mujeres)
- Grupo 3 : 3 veces a la semana o mas / Realiza otra actividad o no (9 P

Esto con el fin de agrupar las variables evaluadas y realizar un análisis total y por frecuencia de entrenamiento.

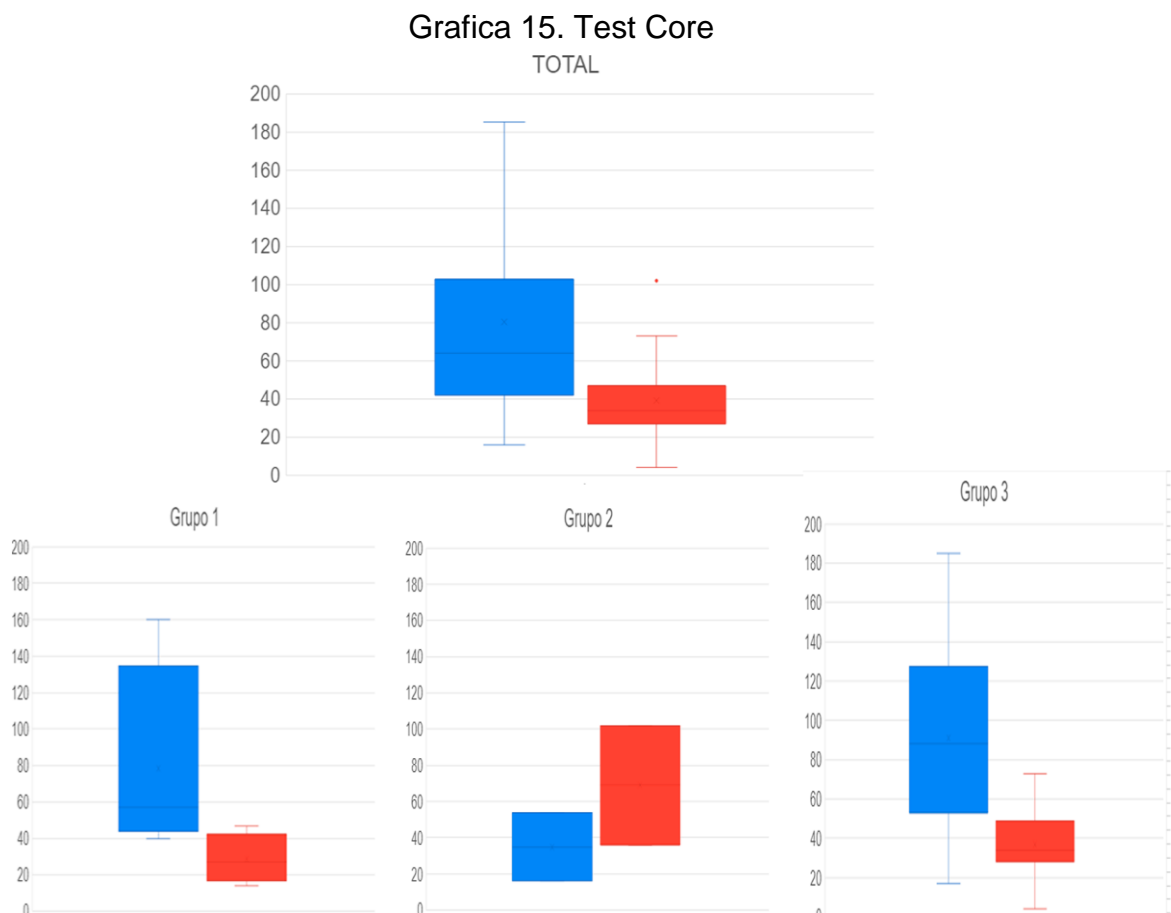
7.5.1 Análisis Estadístico:

Para la estadística se utilizaron 3 ítems: la media; que es una medida de precisión para una media poblacional estimada, que busca encontrar el promedio de los datos seleccionados (Jaykaran 2010). Desviación estándar; es una dimensión de la variabilidad de los datos en torno a la media de una muestra de población.(Jaykaran 2010) y por último se empleó el índice de correlación; el cual es un método estadístico utilizado para evaluar una posible asociación lineal entre dos variables continuas. (Mukaka M. M, 2012)

Resultados

8.1 Caracterización de la Fuerza de Core

La media de los datos obtenidos en el Plank Test fue de 80.3 ± 51.3 S, en donde el grupo 3 obtuvo la media más alta (91.2 ± 52.2 S) y la más baja en el grupo 1 (78.5 ± 54.9 S). En el Ito test se presentó una media de 39 ± 23.7 S, en donde la media más alta se presentó en el grupo 2 siendo 69 ± 36.8 S, (este grupo presenta 2 integrantes, no son datos de confianza), y la más baja en el grupo 1 con una media de 28.7 ± 13.64 S (véase Grafica 15). Según estos valores, a medida que aumenta la frecuencia de entrenamiento también incrementa la media y la máxima de los test siendo estos proporcionales al incremento, sin embargo, ambos grupos presenta un muy bajo rendimiento en la prueba del ito, dejando claro, la falta de fuerza y estabilidad en los músculos flexores del tronco, de igual manera, en el grupo 1 la media para el plank test se ubica de manera desproporcional y baja, se deduce como un déficit en los músculos anteriores y posteriores del tronco.



Nota. Comparación total de la realización de los test de los participantes. (Azul:Plank Rojo:Ito.) Divididos por los grupos según su frecuencia de actividad por semana. Fuente: Propia

8.2 Caracterización de Bike-fit

En la tabla 1 se muestran las diferentes posiciones de los ángulos que presentaron las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo en 2 momentos BDC y TDC, junto con su respectiva desviación. Se presenta una importante desviación en los ángulos de tobillo en BDC y TDC, ya que el protocolo no fue realizado con zapatos de ciclismo, la toma de este ángulo, resultaba difícil porque el punto de referencia era muy pequeño y la imagen tendía a pixelarse. La cadera, no presento una gran desviación, y se mantiene estable una gran parte del ciclo. Se presentan valores similares en los ángulos de las 3 articulaciones en BDC y TDC en todos los grupos, se destaca una diferencia de tobillo en el momento de TDC, lo cual puede ser por las causas antes mencionadas, o deberse a variables de fuerza Core y/o cinemática.

Tabla 3. Datos de los ángulos tomados a la población de muestra.

CARACTERIZACIÓN	Media	Desv stan
Ángulo Cadera (BDC)	67,73	8,99
Ángulo Rodilla (BDC)	47,53	11,28
Ángulo Tobillo (BDC)	86,33	16,02
Ángulo Cadera (TDC)	102,47	7,33
Ángulo Rodilla (TDC)	104,33	8,67
Ángulo Tobillo (TDC)	101,60	10,25

Tabla 4. Datos de los ángulos tomados a la población de muestra, dividida por grupos.

GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
Nombre	Media	Desv Stan	Nombre	Media	Desv Stan	Nombre	Media	Desv Stan
angulo BDC (Cadera)	105,5	5,5	Angulo Cadera (BDC)	114	17,0	Angulo Cadera (BDC)	115	7,9
angulo BDC (Rodilla)	132,5	7,9	Angulo Rodilla (BDC)	128	28,3	Angulo Rodilla (BDC)	133	9,6
angulo BDC (Tobillo)	93,5	7,0	Angulo Tobillo (BDC)	90,5	31,8	Angulo Tobillo (BDC)	94	17,3
angulo TDC(Cadera)	75,5	5,3	Angulo Cadera (TDC)	70	11,3	Angulo Cadera (TDC)	80	6,6
angulo TDC(Rodilla)	76,75	4,7	Angulo Rodilla (TDC)	67,5	12,0	Angulo Rodilla (TDC)	77	9,3
angulo TDC (Tobillo)	85,25	4,0	Angulo Tobillo (TDC)	78,5	19,1	Angulo Tobillo (TDC)	75	9,9

Fuente Propia

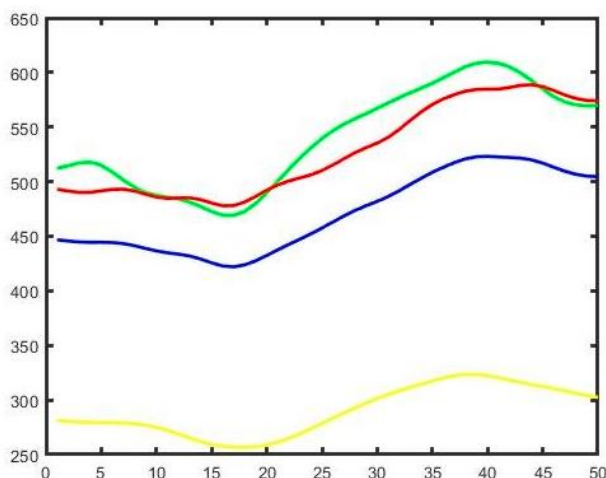
8.3 Caracterización Cinemática

De la gráfica 16 a la 19 se presentan las variables cinemáticas de: velocidad, aceleración, y velocidad angular de las articulaciones del gesto del pedaleo. Así mismo, se representa los 3 grupos y sus medias: con color azul la total, con color amarillo el grupo 1, con color verde el grupo 2 y con color rojo el grupo 3.

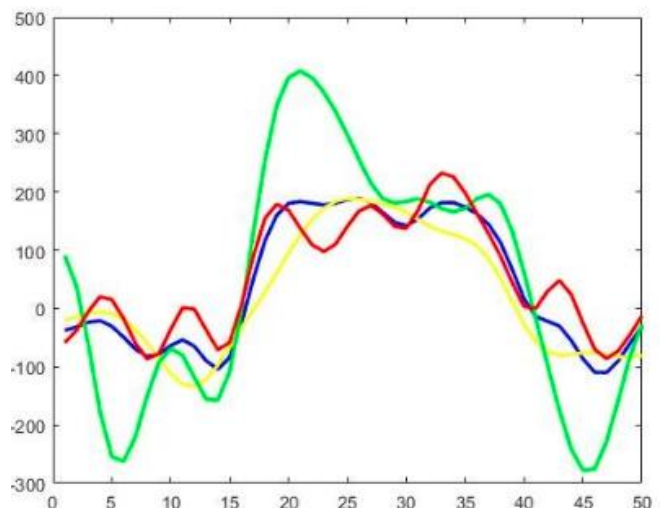
En la gráfica 16, se puede ver una diferencia de media entre los grupos, en donde el grupo 1 presenta la media más baja y el grupo 3 presenta la media más alta. (en algunos momentos) mientras que los demás grupos presentaron una media más constante que este. Claramente se nota el incremento de la velocidad de rodilla al finalizar la fase, debido a la menor resistencia que presenta la biela. Los resultados del grupo 1 podrían indicar que existe una relación entre los test tomados (Plank Test e Ito Test) y la función que realiza la rodilla en el pedaleo, por otro lado, el grupo 3 presentó una media mayor, y tuvo mejores resultados en los test realizados.

En las gráficas 17, 18, y 19 se mantiene un flujo similar y constante entre los grupos, tanto al iniciar como terminar la fase del pedaleo, dando a entender que la mayoría de sujetos suelen utilizar la misma cantidad de fuerza en las articulaciones implicadas para el movimiento de la bicicleta. La poca diferencia entre los grupos en estas gráficas también da a entender que se necesita otro tipo de estudio, con mayor cantidad de sujetos y herramientas tecnológicas más especializadas en la toma de estos datos.

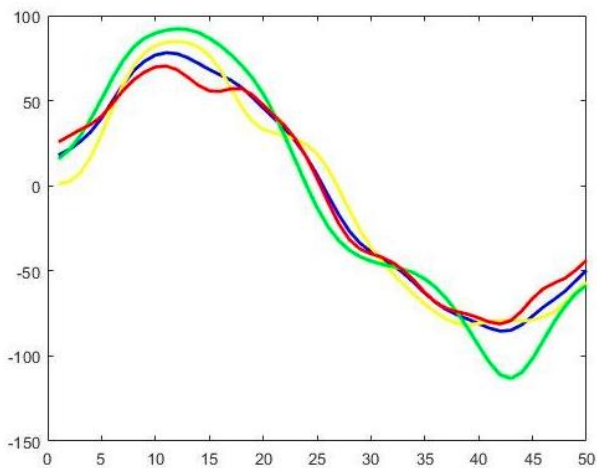
Grafica 16. Velocidad Rodilla



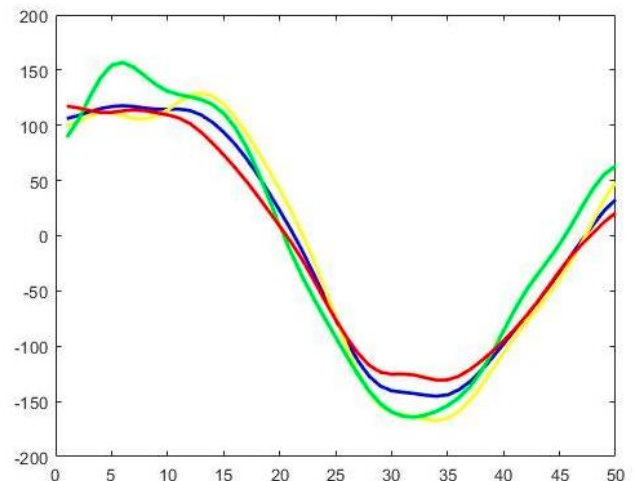
Grafica 17. Aceleración Rodilla



Grafica 18. Angular Cadera



Grafica 19. Angular Rodilla



8.4 Correlación

En la tabla 3 se muestra la correlación que existe entre los diferentes datos y los grupos. De igual manera, no se tomaron en cuenta las variables del segundo grupo debido a su minoría. Se señalan las correlaciones más altas, negativas y las más cercanas a 0.

La correlación del ito test con la aceleración y velocidad de rodilla, se mantiene positiva en el total y en el grupo 3 a comparación del grupo 1 que es negativa, dando a entender que la frecuencia de entrenamiento y la fuerza de los músculos flexores del tronco, tienen una incidencia proporcional a la aceleración de la rodilla.

Tabla 5. Correlaciones de Variables

	Total	G1	G3
Correlación rango de rodilla /Velocidad Rodilla	0,0606	-0,2801	-0,3147
Correlación rango de rodilla /Ac Rodilla	0,2721	-0,0453	-0,2574
Correlación rango de rodilla /Vel Angular Rod	0,0476	-0,0421	-0,0884
Correlación Test plancha /Velocidad Rodilla	-0,1615	-0,3464	-0,3971
Correlación Test plancha /Ac Rodilla	-0,0679	-0,7629	-0,1356
Correlación Test plancha /Vel Angular Rod	-0,3688	-0,6959	-0,1808
Correlación ITO /Velocidad Rodilla	0,2431	-0,1782	-0,1480
Correlación ITO/Ac Rodilla	0,3513	-0,9631	0,1012
Correlación ITO /Vel Angular Rod	-0,2134	-0,8962	-0,6689
Correlación rango de Cadera /Velocidad Angular en Cadera	0,3311	0,4365	0,7537
Correlación Test plancha /Velocidad Angular en Cadera	-0,2339	-0,6881	-0,1550
Correlación ITO /Vel Angular Cadera	-0,5817	-0,8702	-0,5173

Nota. Correlaciones más altas (Amarillo), Mas bajas (café) y las más cercanas a 0 (azul)

Discusión

El ángulo de rodilla de los 15 participantes tiene una semejanza al estudio presentado por Smoliga et al 2007, cuyos datos de la articulación de rodilla fueron: $79,3 \pm 10,1$. Sin embargo, en este estudio, después de realizar la sesión de fatiga central, obtuvimos valores similares tanto en grupo 1 y 2, lo que podría dar a entender que tendrían una musculatura del Core afectada, y por ende un apoyo en la correlación obtenida en Ito test, que demostraba que los participantes del presente análisis exhibían un déficit en la fuerza muscular del Core y miembros inferiores.

También, Smoliga et al, 2007, resalta la relación entre la fatiga central y la alteración de la cinemática en la rodilla, confirmando, la correlación entre el Ito test con la velocidad y aceleración de rodilla del presente estudio, idénticamente, esto generaría una alarma para la población de muestra, ya que, al presentar estas alteraciones, podría inducir a presentar enfermedades en la articulación de la rodilla a corto, mediano o largo plazo.

Para la paridad del Bike-fit, comparamos los ángulos tomados por Wadsworth & Weinrauch, 2019, en donde la rodilla en el momento de TDC tenía un ángulo de 110° y en BDC de 25° a 35° , estos datos no llegaron a ser similares con los tomados por los participantes en ninguno de los 3 grupos. En la articulación de la cadera Wadsworth & Weinrauch, tenían un ángulo de 55° aproximadamente, de igual manera, no llegan a ser similares con los datos obtenidos por la totalidad de participantes, queriendo decir que la alteración en la cinemática podría ser el resultado de una mala configuración de la bicicleta (Bike-Fit).

Los resultados de este estudio podrían confirmar que existe una relación entre el estado de la musculatura Core y el Bike-fit con la cinemática en el ciclismo, futuras investigaciones deberían obtener un grupo mayor de participantes, obteniendo también datos de EMG, y equipos de grabación de mejor calidad que los usados en este estudio.

Conclusiones

Al realizar la revisión bibliográfica de la activación de la musculatura del Core y la relación que tiene con el desempeño biomecánico de los usuarios, varios textos referían que una debilidad en esta zona, podría acarrear a lesiones en la región pélvica, lumbar y una alteración cinemática en las articulaciones de la rodilla y tobillo, dando a entender, la gran importancia que tiene la musculatura del Core al movimiento que realiza el tren inferior, sin embargo, no se encuentra un texto que tenga como población central participantes de nivel recreativos sanos, por ende sería prudente realizar investigaciones a esta población que, como se mencionó en un principio, el incremento de practica de este grupo ha aumentado considerablemente

Para la configuración de la bicicleta (Bike-fit) se mantiene sobre la utilización de zapatos especiales en los textos referenciados, claramente, no se toma en cuenta que la población recreativa no suele usar este tipo de ajuste (zapatillas y Calas), estas personas utilizan calzado deportivo general, por ende no da un punto de referencia para comparar los ángulos y por ello se presentaron variaciones significativas.

Los test realizados en este estudio fueron de campo, por ende no tienen un nivel de confianza semejante a un test de laboratorio (electromiografía). Los datos obtenidos por estos test (Plank test e ito test) demostraron, que el ito test tenía una correlación más directa en la mecánica del pedaleo a nivel de rodilla, caso contrario al plank test que no tuvo estas mismas características, por lo cual debería buscarse otra alternativa.

Los ángulos afectados(rodilla y cadera), pueden ser la respuesta a una debilidad en la musculatura del Core, y una mala configuración de la bicicleta, o la suma de ambas, lo que podría traducirse en alteraciones de la cinemática a nivel de la articulación de la rodilla, teniendo como consecuencia la aparición de futuras enfermedades en dicha sección. Es por esta razón que se debería tener un mayor entendimiento de la importancia de musculatura de Core en esta población, junto con la importancia del Bike-fit y el entrenamiento de los músculos estabilizadores de la región del Core.

Bibliografía

- Abdallah, A. A., Mohamed, N. A., & Hegazy, M. A. (2019). a Comparative Study of Core Musculature Endurance and Strength Between Soccer Players With and Without Lower Extremity Sprain and Strain Injury. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(4), 525–536. <https://doi.org/10.26603/ijsp20190525>
- Bini, R., Hume, P. A., & Croft, J. L. (2011). Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury. *Sports Medicine*, 41(6), 463–476.
- Bogota, A. d. (2019). *ENCUESTA DE MOVILIDAD 2019, INDICADORES PRELIMINARES*. Bogota D.C., Colombia
- Burke ER. Proper fit of the bicycle. *Clin Sports Med*. 1994 Jan;13(1):1-14. PMID: 8111846.
- Castro, J. (2017). Características de test para la valoración de la resistencia de la musculatura del tronco. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3572/1/TD Juan Recio, Casto.pdf>
- Chagas, T. d. (2015). *DOR LOMBAR EM CICLISTAS*. Belo Horizonte, Brazil : Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG.
- Dannenber, A. L.; Needle, S.; Mullady, D.; Kolodner, K. B. (1996). *Predictors of Injury Among 1638 Riders in a Recreational Long-Distance Bicycle Tour: Cycle Across Maryland. The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 747–753. doi:10.1177/036354659602400608
- Dorel, S., Drouet, J. M., Couturier, A., Champoux, Y., & Hug, F. (2009). Changes of pedaling technique and muscle coordination during an exhaustive exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(6), 1277–1286. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819825f8>
- Elmer, S. J., Barratt, P. R., Korff, T., & Martin, J. C. (2011). Joint-specific power production during submaximal and maximal cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(10), 1940–1947. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821b00c5>
- Enix, D., Vianin, M., Beavers, D., & Tepe, R. (2009). Effects of neuromuscular training on core stability. *Journal of Chiropractic Education (Association of Chiropractic Colleges)*, 23(1), 67. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=jlh&AN=105485717&lang=es&site=ehost-live>

- Faries, Mark & Greenwood, Mike. (2007). Core Training: Stabilizing the Confusion. *Strength and conditioning journal*, 29, 10-25. [10.1519/00126548-200704000-00001](https://doi.org/10.1519/00126548-200704000-00001).
- Gatti, A. A., Keir, P. J., Noseworthy, M. D., Beauchamp, M. K., & Maly, M. R. (2021). Hip and ankle kinematics are the most important predictors of knee joint loading during bicycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(1), 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.07.001>
- Hung, K. C., Chung, H. W., Yu, C. C. W., Lai, H. C., & Sun, F. H. (2019). Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *PLoS ONE*, 14(3), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213158>
- Huy C, Becker S, Gomolinsky U, Klein T, Thiel A. Health, medical risk factors, and bicycle use in everyday life in the over-50 population. *J Aging Phys Act*. 2008 Oct;16(4):454-64. doi: 10.1123/japa.16.4.454. PMID: 19033605.
- Huxel Bliven, K. C., & Anderson, B. E. (2013). Core Stability Training for Injury Prevention. *Sports Health*, 5(6), 514–522. <https://doi.org/10.1177/1941738113481200>
- Jaykaran (2010). "Mean \pm SEM" or "Mean (SD)"?. *Indian journal of pharmacology*, 42(5), 329. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.70402>.
- Juan Ramón Heredia Elvar, Felipe Isidro Donate, Fernando Mata Ordoñez, Susana Moral y Guillermo Peña (2012). *Revisión de los Métodos de Valoración de la Estabilidad Central (Core)*. PubliCE. 0 <https://g-se.com/revision-de-los-metodos-de-valoracion-de-la-estabilidad-central-core-1426-sa-g57cfb2720c148>
- Mukaka M. M. (2012). Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi medical journal : the journal of Medical Association of Malawi*, 24(3), 69–71.
- Nelson, Gail A.; Bent-Forsythe, Denise A.; Roopchand-Martin, Sharmella C. Actividad electromiográfica del recto abdominal durante un crujido tradicional y el ejercicio básico de navaja con el Ab Lounge™, *Journal of Strength and Conditioning Research*: junio de 2012 - Volumen 26 - Número 6 - p 1584-1588 doi : 10.1519 / JSC.0b013e318234e886
- Korff, T., Romer, L. M., Mayhew, I., & Martin, J. C. (2007). Effect of pedaling technique on mechanical effectiveness and efficiency in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(6), 991–995. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318043a235>
- OMS (13 de abril del 2021) Enfermedades no transmisibles. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine: Part I. function, dysfunction, adaptation, and enhancement. In *Journal of Spinal Disorders* (Vol. 5, Issue 4, pp. 383–389). <https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00001>

- Park, J. H., Kim, J. E., Yoo, J. I., Kim, Y. P., Kim, E. H., & Seo, T. B. (2019). Comparison of maximum muscle strength and isokinetic knee and core muscle functions according to pedaling power difference of racing cyclist candidates. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 15(3), 401–406.
<https://doi.org/10.12965/jer.1938180.090>
- PEVELER, W. W. (2008). EFFECTS OF SADDLE HEIGHT ON ECONOMY IN CYCLING. In University of Central Arkansas (Vol. 22, Issue 4, pp. 1355–1359)
- 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 Sport and Active Living*, 2(March), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/fspor.2020.516911>
- 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), 1–16.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211197>
- 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>
- Pucher, J., Buehler, R., Bassett, D. R., & Dannenberg, A. L. (2010). Walking and cycling to health: A comparative analysis of city, state, and international data. *American Journal of Public Health*, 100(10), 1986–1992.
<https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.189324>
- RAMÍREZ, J. D. (2016). LA BICICLETA COMO MEDIO PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDADES LABORALES EN LAS ORGANIZACIONES. Bogota D.C. , Colombia .
- Ramírez-Góngora, María del Pilar, & Prieto-Alvarado, Franklyn Edwin. (2016). Factores de riesgo del comportamiento y preparación de aficionados inscritos a carreras atléticas de fondo de 18 a 64 años en Bogotá, Colombia, 2014. *Cadernos de Saúde Pública*, 32(4), e00066815. Epub April 29, 2016.
<https://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00066815>.
- Rostami, M., Ansari, M., Noormohammadpour, P., Mansournia, M. A., & Kordi, R. (2015). Ultrasound assessment of trunk muscles and back flexibility, strength and endurance in off-road cyclists with and without low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(4), 635–644.
<https://doi.org/10.3233/BMR-140559>
- Strand, S. L., Hjelm, J., Shoepe, T. C., & Fajardo, M. A. (2014). Norms for an Isometric Muscle Endurance Test by. *Journal of Human Kinetics* Volume, 40(March), 93–102. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0011>

- Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson, M., & Malone, T. (2011). A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(2), 63–74. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21713228><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3109894>
- Smoliga, J. M., Parnianpour, J., Brick, M. J., Jolly, J. T., Lehart, S. M., & Fu, A. F. H. (2007). Relationship between cycling mechanics and core STABILITY. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1300–1304
- Torres, C. J., Jambrina, L. P., & Estrada, D. T. (2017). *Análisis biomecánico para ciclistas*. Madrid, España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/95546802.pdf>
- Wadsworth, D. J. S., & Weinrauch, P. (2019). THE ROLE of a BIKE FIT in CYCLISTS with HIP PAIN. A CLINICAL COMMENTARY. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(3), 468–486. <https://doi.org/10.26603/ijsp20190468>
- Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., & Davis, I. M. C. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13(5), 316–325. <https://doi.org/10.5435/00124635-200509000-00005>
- Gatti, A. A., Keir, P. J., MSc, Noseworthy, M. D., PhD, Beauchamp, M. K., PhD, & Maly, M. R., PT PhD (2021). Equations to Prescribe Bicycle Saddle Height based on Desired Joint Kinematics and Bicycle Geometry. *European journal of sport science*, 1–28.
- Seijas Albir, G. (2016). *Anatomía & 100 estiramientos para cycling (color)*. Editorial Paidotribo. <https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/116221?page=71>
- Van Dijk, H. Van Megen, R. y Vroemen, G. (2019). *El secreto del ciclismo*. Editorial Paidotribo. <https://elibro-net.proxy.bidig.areandina.edu.co/es/ereader/areandina/119193?page=271>
- VOSS, CHRISTINE; SANDERCOCK, GAVIN Aptitud aeróbica y modo de viaje a la escuela en escolares ingleses, *Medicina y ciencia en el deporte* y el: febrero de 2010 - Volumen 42 - Número 2 - p 281-287 doi: 10.1249 / MSS.0b013e3181b11bdc
- Yanturali, Sedat; Canacik, Omer; Karsli, Emre; Suner, Selim (2015). *Lesión y enfermedad entre atletas durante una carrera de ciclismo de ruta de élite de varios días. El médico y la medicina deportiva*, 43 (4), 348–354. doi: 10.1080 / 00913847.2015.1096182.