



CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DEL GESTO CICLÍSTICO DEL PEDALEO EN
INSTRUCTORES DE CICLISMO INDOOR

FELIPE MONSALVE VÉLEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

MAESTRÍA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA

MANIZALES

2018

CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DEL GESTO CICLÍSTICO DEL PEDALEO EN
INSTRUCTORES DE CICLISMO INDOOR

FELIPE MONSALVE VÉLEZ

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Intervención Integral en el Deportista

TUTOR

SANDRA MILENA HINCAPIÉ GARAVIÑO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

MAESTRÍA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA

MANIZALES

2018

DEDICATORIA

Este proyecto no hubiera sido posible sin el interés y el apoyo de mis familiares, compañeros y amigos. En Especial, dedico este proyecto a mi madre, quien me enseñó a valorar las cosas sencillas de la vida y a luchar por mis propósitos.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento fundamental a los que viven y me acompañan en todos los aspectos de mi vida, mi familia, que siempre apoyan y entienden la dedicación que se debe tener en los aspectos académicos y laborales.

A mi madre, por ser mi inspiración y motor de vida.

A mi hermana, por ser una guía permanente.

A mi asesora Sandra, por el acompañamiento, apoyo y conocimiento brindado.

A la Universidad CES, en especial a la Facultad de Fisioterapia y sus directivas, por el apoyo brindado en la ejecución del proyecto.

A los profesionales que participaron activamente en las diferentes etapas de construcción y ejecución del proyecto.

A la vida...

RESUMEN

Objetivo: establecer las características cinemáticas del gesto ciclístico del pedaleo en los instructores de ciclismo indoor con respecto a variables sociodemográficas, antropométricas y técnicas.

Metodología: el estudio se realizó con un total de 15 instructores seleccionados a conveniencia donde se aplicó el protocolo de evaluación caracterizado por la medición antropométrica, el registro de variables técnicas relacionadas con la práctica y la aplicación de una prueba de análisis biomecánico con un software de captura de movimiento de alta velocidad y reconstrucción en 3D, para determinar la cinemática del gesto deportivo.

Resultados: se encontraron los parámetros de normalidad en relación con los ángulos de movilidad articular para los miembros inferiores de forma comparativa en los diferentes planos de movimiento, determinando la relación con las características antropométricas y técnicas de la práctica deportiva. Fue determinada la relación significativa entre la altura y retroceso del sillín con los movimientos realizados en el plano sagital, presentando mayor repercusión en los movimientos más amplios del pedaleo asociados al desplazamiento del pedal.

Conclusiones: fue comprobada la poca información disponible asociada con la biomecánica del ciclismo indoor y los aspectos técnicos derivados, donde los resultados obtenidos podrán facilitar la adaptación de la bicicleta, buscando mantener las condiciones biomecánicas del movimiento de las extremidades inferiores basados en los ángulos de normalidad encontrados en el estudio. Los datos servirán como base para plantear futuras investigaciones, donde se determine la relación entre las características cinéticas y cinemáticas del gesto del pedaleo, facilitando la optimización del movimiento y mejores adaptaciones para la salud.

Palabras Claves: biomecánica, ciclismo, cinemática, pedaleo, deporte.

ABSTRACT

Objective: To establish the kinematic characteristics of the cycling gesture of pedaling in indoor cycling instructors with respect to sociodemographic, anthropometric and technical variables.

Methodology: The study was carried out with a total of 15 instructors selected at convenience, the evaluation protocol was applied characterized by the anthropometric measurement, recording of technical variables related to the practice, and application of the biomechanics test Using high-speed motion capture software and 3d reconstruction, to determine the kinematics of the sporting gesture.

Results: The parameters of normality were found in relation to the angles of joint mobility for the inferior members in comparative form in the different planes of movement, determining the relation with the anthropometric characteristics and techniques of the Sports practice. It was determined the significant relationship between the height and recoil of the saddle with the movements made in the sagittal plane, presenting greater impact on the wider movements of pedaling associated with the displacement of the pedal.

Conclusion: It was verified the little information available associated with the biomechanics of indoor cycling and the technical aspects derived, where the results obtained can facilitate the adaptation of the bicycle looking to maintain the biomechanical conditions of the Movement of the lower extremities based on the angles of normalcy found in the study. The data will serve as a basis for future research, which determines the relationship between the kinetic and kinematic characteristics of the gesture of pedaling, facilitating the optimization of movement and better adaptations for health.

Keywords: biomechanics, cycling, kinematic, sport

CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	14
2	ANTECEDENTES	15
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	17
	3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	20
4	JUSTIFICACIÓN.....	21
5	REFERENTE TEÓRICO.....	24
	5.1 CICLISMO INDOOR.....	24
	5.1.1 <i>TÉCNICA</i>	25
	5.1.2 <i>FASES DEL PEDALEO</i>	27
	5.2 BIOMECÁNICA	32
	5.2.1 <i>CINEMÁTICA</i>	33
	5.2.2 <i>DEFINICIONES CINEMÁTICAS</i>	34
	5.2.3 <i>MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL MOVIMIENTO HUMANO</i>	35
	5.2.4 <i>ANÁLISIS DE MOVIMIENTO</i>	37
6	OBJETIVOS	40
	6.1 OBJETIVO GENERAL.....	40
	6.1.1 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	40

7	METODOLOGÍA.....	41
7.1	POBLACION Y MUESTRA.....	42
7.2	CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD.....	42
7.2.1	<i>Criterios de inclusión</i>	42
7.2.2	<i>Criterios de exclusión</i>	43
7.3	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	43
7.3.1	<i>Esquema de variables de investigación</i>	43
7.3.2	<i>Operacionalización de variables. denominación y características</i>	44
7.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	48
7.4.1	<i>Instrumentos</i>	48
7.4.2	<i>Equipos</i>	48
7.4.3	<i>Procedimiento</i>	49
7.4.4	<i>Descripción</i>	50
7.4.5	<i>Protocolo</i>	51
7.5	CONSIDERACIONES ETICAS	54
7.6	PRUEBA PILOTO	55
7.7	CONTROL DE ERRORES Y SESGOS	55
7.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	56

8	RESULTADOS	58
8.1	DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS Y TÉCNICOS	58
8.2	DATOS ANTROPOMÉTRICOS	59
8.3	DATOS CINEMÁTICOS.....	60
8.4	RESULTADOS BIVARIADOS.....	71
9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
10	CONCLUSIONES	91
11	RECOMENDACIONES	93
12	REFERENCIAS	94
13	ANEXOS	99
13.1	ANEXO 1. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	99
13.2	ANEXO 2. INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE MARCADORES	101
13.3	ANEXO 3. IMAGEN DE REFERENCIA DE MARCADORES	102
13.4	ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	44
Tabla 2. Ubicación de marcadores.	53
Tabla 3. Errores y sesgos.....	55
Tabla 4. Variables sociodemográficas y técnicas de los instructores de ciclismo indoor.	58
Tabla 5. Mediciones antropométricas de los instructores de ciclismo.	59
Tabla 6. Movimientos de la pelvis en los tres planos de movimiento.....	62
Tabla 7. Movimientos de la cadera en los tres planos de movimiento.....	64
Tabla 8. Movimientos de la rodilla en los tres planos de movimiento.....	67
Tabla 9. Movimientos del tobillo en los tres planos de movimiento.....	69
Tabla 10. Variables con test de normalidad ($\alpha 0,05$). Distribución no normal.	72
Tabla 11. Variables con test de normalidad ($\alpha 0,05$). Distribución normal.	74
Tabla 12. Relación de la variable edad con el peso, la talla y el IMC.....	76
Tabla 13. Relación entre la variable altura del sillín y la variable retroceso del sillín.....	78
Tabla 14. Relación entre los movimientos de la cadera (plano sagital) y los movimientos de pelvis, rodilla y tobillo en el mismo plano.	78
Tabla 15. Relación entre la variable RPM (revoluciones por minuto) y los movimientos rotacionales de la pelvis (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).	79

Tabla 16. Relación entre la variable distancia inter-ASIS y los diferentes movimientos de la cadera en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).	80
Tabla 17. Relación entre la variable longitud de la extremidad inferior (derecha e izquierda) con los movimientos de la pelvis en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).....	81
Tabla 18. Relación entre la variable longitud de la extremidad inferior (derecha e izquierda) con los movimientos del tobillo en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).....	82
Tabla 19. Relación entre la variable ancho de rodilla (derecha e izquierda) con los movimientos de la rodilla (derecha e izquierda) en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).	82
Tabla 20. Relación entre la variable distancia ASIS trocánter (derecho e izquierdo) con los movimientos de la pelvis (derecha e izquierda) en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).	84
Tabla 21. Relación entre la variable distancia ASIS trocánter (derecho e izquierdo) con los movimientos de la cadera (derecha e izquierda) en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).	85

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Agarres básicos del manillar en el ciclismo Indoor. (17).....	26
Ilustración 2. Fase 1° del pedaleo (4).....	28
Ilustración 3. Fase 2° del pedaleo (4).....	29
Ilustración 4. Fase 3° del pedaleo (4).....	30
Ilustración 5. Fase 4° del pedaleo (4).....	30
Ilustración 6. Fases del ciclo completo del pedaleo (4).....	31
Ilustración 7. Esquema de operacionalización de variables de investigación.....	44
Ilustración 8. Movimientos de la pelvis en el plano sagital.....	62
Ilustración 9. Movimientos de la pelvis en el plano frontal.....	63
Ilustración 10. Movimientos de la pelvis en el plano transverso.....	63
Ilustración 11. Movimientos de la cadera en el plano sagital.....	65
Ilustración 12. Movimientos de la cadera en el plano frontal.....	65
Ilustración 13. Movimientos de la cadera en el plano transverso.....	66
Ilustración 14. Movimientos de la rodilla en el plano sagital.....	67
Ilustración 15. Movimientos de la rodilla en el plano frontal.....	68
Ilustración 16. Movimientos de la rodilla en el plano transverso.....	68
Ilustración 17. Movimientos del tobillo en el plano sagital.....	69

Ilustración 18. Movimientos del tobillo en el plano frontal.	70
Ilustración 19. Movimientos del tobillo en el plano transversal.	71

1 PRESENTACIÓN

El ciclismo bajo techo (indoor) es considerado una de las modalidades grupales más comunes y practicadas en los gimnasio y centros de acondicionamiento físico a nivel mundial, donde la incidencia de lesiones asociadas a la práctica deportiva viene incrementando de forma significativa debido a las exigencias técnicas y características de entrenamiento inherentes a la modalidad; es allí, donde la mecánica corporal juega un papel trascendental para el correcto desarrollo de la práctica, viéndose determinada por diferentes factores como lo son, las medidas y características antropométricas en especial las de extremidades inferiores, los factores técnicos como la experiencia en la modalidad y el uso de elementos propios del ciclismo, y las adaptaciones a la bicicleta cuyo factor más determinante es considerado la altura del sillín.

La falta de información disponible respecto a los factores mencionados anteriormente, hacen que los practicantes de esta modalidad, en especial aquellos de la dirigen o la instruyen, tengan una práctica con enfoque experiencial, es decir, que carece de conceptos técnicos propios de la bicicleta indoor y que obliga a realizar adaptaciones no objetivas a la bicicleta. Esta característica puede llevar a ejecutar movimientos que no respetan las normas de la morfofisiología musculoesquelética y que se ven acentuadas por la repetitividad de los movimientos.

Por lo anteriormente descrito, el presente trabajo busca establecer las características del gesto ciclístico del pedaleo en extremidades inferiores derivadas de la cinemática del movimiento, donde se determina la relación con las diferentes variables ya descritas y finalmente se disponen los rangos de normalidad de movimiento en un grupo de instructores de ciclismo indoor.

2 ANTECEDENTES

El ciclismo de interior (indoor) (CI) es una de las modalidades de gimnasia que más crece en el mundo. Con la meta de mejorar la condición física y traer beneficios psicológicos, la carga se controlada por el propio practicante. Para evitar riesgos el control más adecuado es regular la intensidad del ejercicio con diferentes métodos como la medición de la frecuencia del corazón (FC) y la percepción subjetiva al esfuerzo (35).

El manual de capacitación para instructores de ciclismo bajo techo describe las técnicas utilizadas dentro del Health Indoor Cycling, los métodos pertinentes para la población colombiana y con bases sólidas en morfofisiología, biomecánica y entrenamiento de la resistencia, adicionalmente aporta la base para el entendimiento de la práctica del ciclismo indoor en relación con algunos aspectos técnicos (15). De forma complementaria existen algunas publicaciones relacionadas con la biomecánica del ciclismo, la posición del ciclista sobre la bicicleta y la actuación de los grupos musculares en cada fase del pedaleo que determinan el rendimiento deportivo; además como el análisis de la posición del pie sobre el pedal, la frecuencia de pedaleo y su interacción para favorecer el desempeño y la fuerza muscular (9). Estas adaptaciones se ven acompañadas de métodos de análisis biomecánicos, como el uso de tecnología que utiliza acelerómetros, giroscopios y magnetómetros, contenidas en pequeñas unidades de medida integrados fijos al cuerpo del sujeto, para seguir el movimiento humano en 3D (34). Estas mediciones adicionalmente van asociadas al análisis e interpretación de las características mecánicas del cuerpo; por ejemplo, un estudio buscó la existencia de la correlación entre la medición del ángulo Q estático mediante goniometría convencional y mediante video fotogrametría en 3D (35). Otro estudio analizó y comparó el rendimiento mecánico máximo (pruebas supra máximas) y la eficiencia energética (pruebas submáximas) desarrollada por ciclistas profesionales con un sistema de pedaleo convencional (C) y con un sistema de pedaleo no circular, para determinar sus efectos en la cinemática del pedaleo (7), posibilitando nuevas formas de análisis cinemático en miembro inferior.

Los análisis del gesto técnico del ciclismo indoor busca en fin último no solo el perfeccionamiento de la técnica y los fundamentos teóricos, sino también delimitar una metodología para la prevención de las principales lesiones de ciclo Indoor (CI) en una bicicleta estacionaria apoyado por la intervención de los profesionales de la salud (10).

3 **ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

El ciclismo indoor se considera una clase no coreografiada, que se realiza en bicicleta al ritmo de la música, en la cual el instructor marca la intensidad de trabajo modificando la resistencia de rodadura y la cadencia de pedalada durante la realización del gesto específico (1).

En los últimos años, una de las prácticas que ha presentado mayor acogida entre los practicantes del ejercicio físico particularmente en la ciudad de Medellín, es el ciclismo indoor (bajo techo) o como se ha denominado popularmente Spinning® cuya aparición se presentó en la ciudad desde finales de los años 90's (2). La gran difusión de esta actividad en el mundo del fitness ha llevado al desarrollo de diferentes programas y marcas entorno de la especialidad de ciclo-indoor, lo que llevado a plantear la discusión del desarrollo de la adecuada técnica en la bicicleta (3).

La práctica del ciclismo estático en centros de acondicionamiento y preparación física en Colombia ha estado expuesta a diferentes puntos de vista, estos puntos han estado asociados a la metodología, práctica y enseñanza, donde la perspectiva de sus críticos se asocia a aspectos positivos de dicha práctica y otros negativos, estos últimos desvirtúan los beneficios descritos de la práctica del ciclismo indoor. También se ha discutido sobre la metodología y planificación de las clases, hasta indagar sobre las técnicas y posturas tanto de los practicantes como de los mismos instructores (4).

Unido a la descripción hecha anteriormente existen varios problemas que se asocian a la diversidad de conceptos y métodos utilizados por parte de los instructores de dicha práctica, que van desde el manejo de la bicicleta, la técnica de pedaleo, el enfoque de la clase en sí y algunos aspectos mecánicos de la práctica ciclística, que se agravan con el aumento de las lesiones de origen musculoesquelético que se relacionan con el entrenamiento sobre bicicletas estáticas, por lo cual es necesaria buscar la unificación de conceptos que permitan encontrar la forma adecuada de trabajo, para dar así mayor seguridad a los usuarios y practicantes que deseen realizar esta modalidad de ejercicio físico (4). De acuerdo a lo

planteado, una forma importante de establecer los criterios básicos de la adecuada práctica del ciclismo bajo techo sería el análisis cinemático de los miembros inferiores de los instructores que trabajan con esta modalidad (5, 6). El análisis cinemático al brindar los conocimientos necesarios sobre la variación de la geometría del movimiento proporciona criterios específicos de orden biomecánico para una población específica (6). García (2008) en su investigación, expone como el rendimiento en el deporte del ciclismo depende de factores biomecánicos y fisiológicos; su conclusión más importante está encaminada a establecer las características cinemáticas del patrón de movimiento que pueda conducir a una mayor eficacia mecánica (7).

La investigación en el ciclismo ha sido una actividad asumida por los fisiólogos, biomecánicos, médicos, kinesiólogos y fisioterapeutas. La biomecánica del ciclismo es un campo amplio donde los pilares de su estudio son el análisis de las fuerzas ejercidas sobre los pedales, cargas de trabajo en las articulaciones y sus movimientos y las características de la coordinación entre los músculos, teniendo en cuenta que este campo se extiende por muchos más temas. La comprensión de los patrones de movimiento en el ciclismo y la búsqueda de una óptima solución a la práctica del ciclismo se ha asociado a diagnósticos de simulación realizando método Spinning® con diversos enfoques tecnológicos (8).

Diferentes autores como Castellote (9) y Sousa da Silva (10) retoman los conceptos relacionados con la biomecánica de la actividad ciclística, incluyendo la descripción de las cadenas cinéticas involucradas en el gesto deportivo, lo que puede llevar a la identificación de una adecuada ejecución de la práctica del ciclismo indoor, pero no se han encontrado estudios que muestren como es la descripción cinemática de los miembros inferiores en instructores de esta modalidad, lo que permitiría tener un claro acercamiento a las características específicas de dichos entrenadores, teniendo como base las características de su condición física (11).

Al realizar la búsqueda de referencias y antecedentes bibliográficos en bases de datos como pubmed, PEDro, EBSCO y ClinicalKey; se incluyeron parámetros de búsqueda como cycling biomechanics, cycling cinematic, biomecánica del ciclismo, cinemática del

ciclismo indoor, etc. Se encontró una gran cantidad de artículos relacionados con la biomecánica del ciclismo tipo ruta, pero escasos estudios asociados al ciclismo indoor, su técnica, características biomecánicas, entre otras; evidenciando un estado del arte deficiente y susceptible de estudio.

Si se establecen las condiciones cinemáticas desde los aspectos lineales y/o angulares en la práctica del ciclismo, se podría tener un control sobre factores que contribuyen a la generación de lesiones asociadas a esta práctica deportiva, algunos de dichos factores son el insuficiente conocimiento de la técnica por parte del ciclista indoor, la velocidad excesiva durante el desarrollo de la práctica, la falta de habilidad y la pérdida de control por parte del practicante, la mala adaptación a la bicicleta por deficiencias biomecánicas de los practicantes del ciclismo indoor.

En Medellín y el Valle del Aburra existen más de 120 gimnasios, centros de entrenamiento y centro de acondicionamiento y preparación física (CAPF), sin incluir las múltiples sedes que muchos de ellos tienen; adicionalmente el spinning se ha convertido en la modalidad grupal de ejercicio físico más popular en los gimnasios, al punto de representar más del 60% de las clases diarias en la programación grupal (12). Es así, como el ciclismo indoor cada vez más se populariza en el medio local, regional y nacional, evidenciándose en el aumento de centros de ejercicio que incluyen esta modalidad en su programación diaria y el considerable aumento en el número de practicantes de la disciplina física.

Por lo anterior se hace necesario realizar un estudio donde se posibilite identificar las características biomecánicas asociadas a la cinemática del gesto deportivo específicamente del pedaleo en esta modalidad del ciclismo (indoor), siendo éste el punto de partida de la estructuración técnica para su práctica y enseñanza futura.

3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las características cinemáticas del gesto ciclístico del pedaleo en los instructores de ciclismo indoor?

4 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día la práctica del ejercicio físico en los centros acondicionamiento y preparación física públicos y privados ha adquirido un gran auge y popularidad, con un incremento de la demanda de actividades orientadas a la salud, al disfrute y al bienestar físico y mental. En este sentido, los centros deportivos están dirigiendo su servicio hacia la oferta de actividades físicas saludables puesto que se ha visto incrementada su demanda, en especial sobre actividades rítmicas, colectivas y cardiovasculares que requieren un acompañamiento permanente por profesionales en el área. Es en este tipo de actividades, donde ha adquirido un gran auge el ciclismo indoor, también conocido de manera comercial como Spinning® (marca registrada por Madd Dog Athletics, Inc.).

En la actualidad según lo reportado por el Colegio Americano de Medicina del Deporte, están bastante asentados los beneficios que reporta el ejercicio físico sobre el mejoramiento del nivel de la condición física y la prevención de enfermedades denominadas hipocinéticas; siendo estos beneficios asociados a la práctica física realizada de manera sistemática y metodológicamente guiada, con una duración, intensidad y recuperación adecuada, además de estar adaptada a las condiciones y características personales e individuales (10).

La prevención de lesiones por esfuerzo excesivo repetitivo es importante para el éxito de cualquier programa de entrenamiento; ya que se ha evidenciado una gran desventaja del ciclismo como forma de acondicionamiento aeróbico debido a la dificultad para minimizar las fatigas localizadas en músculos y articulaciones, tan comunes en dicha práctica. Esto se suma a la necesidad de prolongar las sesiones por un tiempo suficiente para que el trabajo sea efectivo.

Los entrenadores deben estar conscientes del stress articular y muscular que produce el ciclismo debido a que su práctica consiste en movimientos muy repetitivos y en músculos muy específicos. La carga localizada en los músculos del tren inferior y la incomodidad propia de las posiciones estáticas en el tren superior y el torso causan una molestia inicial,

especialmente si los practicantes son nuevos y se quiere involucrarlos en este tipo de ejercicio en forma efectiva (10).

Según el estudio realizado en la ciudad de Cali/Colombia en el año 2013, se reporta que la mayoría de los instructores de Spinning® han dejado a un lado la auténtica especialización de la práctica, donde se incluye el estudio de los aspectos técnicos de la práctica, la metodología del entrenamiento, los principios del entrenamiento deportivo, métodos pedagógicos de la enseñanza, biomecánica y salud preventiva (2). Por lo anterior, los instructores de ciclismo indoor deben tener claro que, durante el desarrollo de la disciplina, se debe direccionar a través de una buena metodología e insumos pedagógicos, siendo los elementos fundamentales en la formación profesional e integral de todo instructor (2).

Este proyecto permitirá el desarrollo de una nueva visión asociada a la práctica del ciclismo indoor en el ámbito del fitness y la salud, contribuyendo a dilucidar inquietudes sobre la práctica generadas entre usuarios, instructores, especialistas del área deportiva y biomédica.

Adicionalmente, la población colombiana en especial la residente en las grandes ciudades, ha presentado un mayor interés por un estilo de vida saludable asociado a la práctica del ejercicio físico; esta tendencia sumada a la acelerada urbanización y la moda, entre otros, están impulsando el negocio de los gimnasios o centros deportivos en el país. A pesar de esto, según la International Health, Racquet & Sportsclub Association (IHRSA), en el país operan unos 1.500 gimnasios, de los 160.000 que existen a nivel global. Esto es el 0,93 por ciento del total mundial, cifra que pone a Colombia como el tercer mercado más grande en población de Latinoamérica en relación con la cantidad de centros de práctica de ejercicio físico (11). Lo anteriormente descrito evidencia el alto impacto y la necesidad de desarrollar investigaciones que mejoren la práctica de ejercicio físico en una de las modalidades más populares en los gimnasio y centros de ejercicio como lo es el ciclismo indoor.

Para la realización del presente estudio se cuenta con los equipos tecnológicos (cámaras de video de alta velocidad, bicicleta indoor, equipos de análisis biomecánico) necesarios para

desarrollar las evaluaciones biomecánicas planteadas con los participantes, haciendo necesario una inversión de baja cuantía para la adquisición de algunos elementos adicionales. Adicionalmente se cuenta con la disponibilidad del espacio de evaluación en relación con la infraestructura pertinente que posibilita un adecuado desarrollo de actividades ajustadas al cronograma. El personal quien realiza las evaluaciones biomecánicas son profesionales de la fisioterapia que cuentan con estudios de posgrado en el área posibilitando así dar mayor precisión a la toma de datos y a su posterior análisis. Por el tipo de investigación a desarrollar, los recursos económicos solicitados para el desarrollo de la misma representan un monto de baja cuantía el cual será soportado por la Universidad Autónoma de Manizales.

Otra razón para esta investigación será ser la base para la creación de nuevos modelos enfocados al mejoramiento de la práctica específica de la actividad, mejorar el rendimiento deportivo, prevenir lesiones por sobreuso o por mala ejecución de la técnica.

5 REFERENTE TEÓRICO

Durante el desarrollo del marco conceptual se hace referencia a la historia y características conceptuales del ciclismo indoor, aspectos técnicos relacionados con el pedaleo y sus respectivas fases; posteriormente se da claridad del concepto de biomecánica, la cinemática como base del estudio y las definiciones principales. Finalmente se hace referencia a los principales métodos y características de análisis biomecánico con relación al análisis del movimiento cinemático.

5.1 CICLISMO INDOOR

El ciclismo indoor fue desarrollado inicialmente como un programa de SPINNING® en 1989 por el ciclista norteamericano Johnny Goldberg “G”, y fundamentalmente consiste en una recreación de un viaje en bicicleta, simulando distintos tipos de caminos y superficies, acompañado de una música altamente motivante, y basada en conceptos de ciclismo de alto rendimiento. Johnny G. inició la enseñanza del programa de spinning® en el garaje de su casa, hasta que sus clases se hicieron tan populares que llegaron a los oídos de los directores de los principales gimnasios de Los Ángeles. En 1995 el spinning® se practicaba en todo EE.UU., y hoy hay más de 20.000 instructores que lo enseñan en más de 100 países y en más de 5.000 gimnasios (14).

Se define el ciclismo Indoor (CI) como “actividad física colectiva, realizada sobre una bicicleta estática al ritmo de la música, se realiza un trabajo predominantemente cardiovascular de alta intensidad con intervención muy elevada de los grandes grupos musculares del tren inferior. La clase va guiada por un instructor que es el responsable de conducir la sesión hacia los objetivos previamente establecidos” (15). La clase no es coreografiada, donde el movimiento básico (la pedalada) es un movimiento limpio que reduce todo tipo de impacto eliminando riesgo de lesiones, no necesita un largo período de aprendizaje y además al trabajar grandes grupos musculares provoca unas adaptaciones muy rápidas.

5.1.1 TÉCNICA

Durante la clase, el instructor da una serie de pautas para cumplir con el circuito que él describe. Hay 3 posiciones diferentes para tomar el manillar, 5 movimientos básicos para trabajar distintos músculos de las piernas, y la alternativa de pedalear sentado o de pie. La música juega un papel fundamental, y es una herramienta imprescindible a la hora de crear la rutina: temas “suaves” para la entrada en calor, “explosivos” a la hora de mayor esfuerzo, “acelerados” en los descensos; en fin, sincronizados con el nivel y la etapa del recorrido (16).

El ajuste correcto de la bicicleta antes de iniciar la clase es un aspecto fundamental para el desarrollo de la técnica. La adaptación inicial de la bicicleta parte desde que el participante permanece de pie junto al sillón de la bicicleta, erguido, con los pies juntos y las piernas extendidas, el sillón se coloca a la altura de la cresta iliaca anterosuperior. Por otro lado, la altura del manillar se regulará en función de la altura del sillón y de la estatura de la persona. Al estar ligeramente más alto que el sillón, se facilita una posición de pedaleo cómoda sin rectificación a lumbar provocada por una flexión excesiva. Además, se prestará atención a la distancia del sillón respecto al eje del pedaleo y el manillar, que puede ayudar a disminuir la porción del peso corporal que deben soportar los brazos y las manos. Sentados sobre la bicicleta con los dos pies a la altura de dicho eje debe verse la punta del pie que está más adelantado para asegurar unos ángulos de trabajo óptimos durante el pedaleo. Durante la sesión debe prestarse especial atención a las rodillas. Éstas no deben llegar a la extensión completa y deben permanecer alineadas en todo momento con el tobillo y la cadera (siempre en el mismo plano), de otro modo, se produce un balanceo en la cadera nada recomendable. En el caso contrario, si se trabaja con la rodilla demasiado flexionada se producirá una presión extra sobre la rótula.

Otros ajustes no menos importantes, son que el sillón debe estar siempre paralelo al suelo y que los pies deben estar dentro de las calas y con la correa de seguridad bien ajustada.

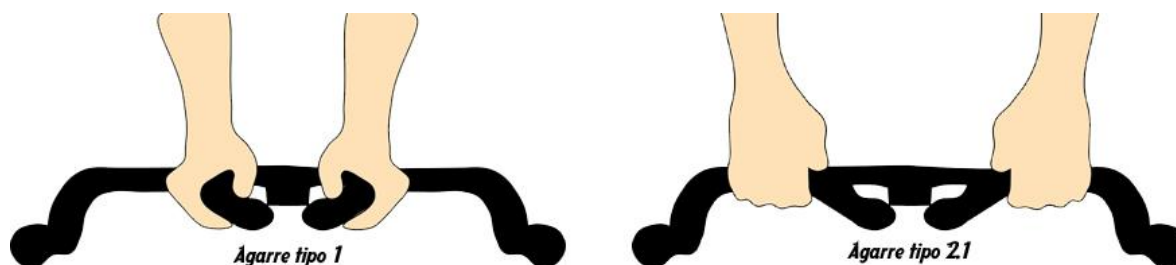
Con respecto a la posición del cuerpo: los hombros, cuello y brazos tienen que estar relajados, los pies bien sujetos a los pedales, las rodillas paralelas, con una ligera tendencia a ir hacia adentro. El tronco adoptará diferentes posiciones en función del ritmo del pedaleo, el agarre, la resistencia, o según las exigencias del monitor. Las posiciones más importantes son la posición alta, posición intermedia, posición baja, y posición de pie con balanceo (los hombros y las caderas permanecen siempre paralelos y los movimientos son laterales y nunca de rotación) y de pie sin balanceo (16).

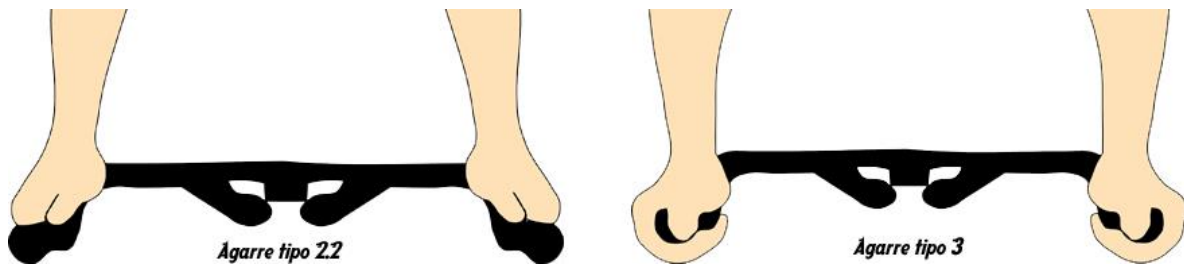
Movimientos contraindicados: rotación de hombros y/o caderas, movimientos laterales de las rodillas, agarre demasiado fuerte del manillar, abuso del pedaleo de pie sin resistencia, desde la posición básica (agarre 1) ponerse de pie, soltarse de manos de manera innecesaria, colocar los brazos perpendiculares al suelo, cargar el peso sobre el manillar al ponerse de pie, etc.

Agarres básicos: Posición 1 o Frontal; 2, de gancho o medio; y 3, agresivo o largo.

Agarres secundarios (se utilizan en momentos esporádicos de la clase, son menos confortables que los básicos): abierto, de dedos (frontal/abierto), de triatleta, etc.

Ilustración 1. Agarres básicos del manillar en el ciclismo Indoor. (17).





5.1.2 FASES DEL PEDALEO

El análisis de la mecánica del pedaleo, además de la posición de los miembros inferiores y el pie, debe referirse a la acción motriz para obtener la máxima fuerza propulsora, la acción que se hace sobre el pedal que, acondicionado a las bielas, mueve el disco dentado que lleva la fuerza a través de la cadena para hacer girar la volante.

El pedaleo es un movimiento de 360° divididos en 4 puntos, el punto 1 será a los 0 grados de iniciado el giro del pedaleo, el punto 2 a los 90°, el punto 3 a los 180° y el punto 4 a los 270°.

Estos puntos se irán cubriendo de forma progresiva en cuanto a las acciones musculares generadas por los distintos grupos que intervienen en esta acción propulsora. Estando sobre la bicicleta, el rostro estará en la dirección del accionar del pedaleo.

FASE 1° (0% - 25%)

Estando el pedal en el punto muerto superior (0°) y desplazándose a los 90° de recorrido (del punto 1 al 2), hay fuerza aplicada hacia el frente y abajo al pedal, y están en acción los siguientes grupos musculares:

Los flexores del primer dedo del pie y del arco plantar, los cuales son los que dan una mayor adherencia del pie al calzado y así al pedal.

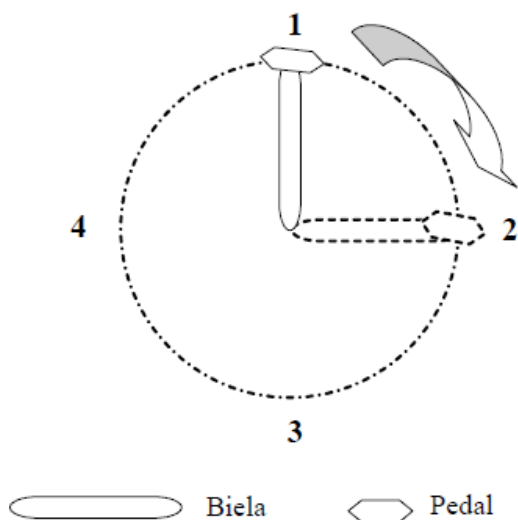
Los extensores del pie mantienen una contracción isométrica, aumentando su exigencia a medida que se pasa del punto 1 al 2. La pierna, por acción de sus extensores (cuádriceps), proporciona la más fuerte acción propulsora de todo el ciclo del pedaleo (también por

ayuda de la gravedad). Los extensores del pie son los que regulan la posición del pie respecto a la horizontal, así como la transmisión de la fuerza de la pierna-glúteo hacia el pie, y por consiguiente al pedal.

Los extensores de la pierna (cuádriceps), vasto interno, vasto externo, recto femoral y tensor de la fascia lata son los que hacen que la pierna se extienda, haciendo la fuerza para adelante.

Se hace además una fuerza para abajo, trabajo de los grupos musculares como el glúteo mayor, medio y menor (4).

Ilustración 2. Fase 1° del pedaleo (4).

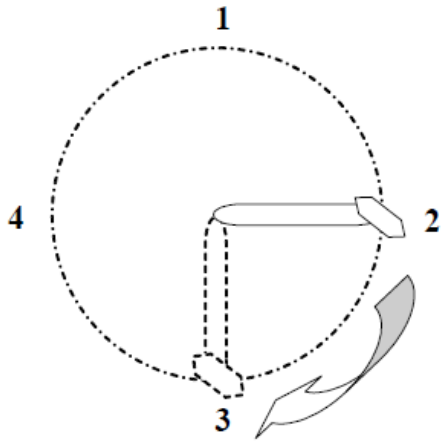


FASE 2° (25% - 50%)

Desplazándose del punto 2 al punto 3, se ve que hay fuerza para abajo y atrás. Sigue actuando el mismo grupo de músculos que trabajan en la extensión de la cadera (músculos de glúteo mayor, medio y menor), empezando su trabajo el grupo muscular de flexión de pierna al llegar al punto 3 (semitendinoso, semimembranoso, bíceps femoral, entre otros).

Los trabajos musculares de la rodilla al tobillo siguen siendo los mismos que se presentaban en el desplazamiento del punto 1 al 2 (4).

Ilustración 3. Fase 2° del pedaleo (4).



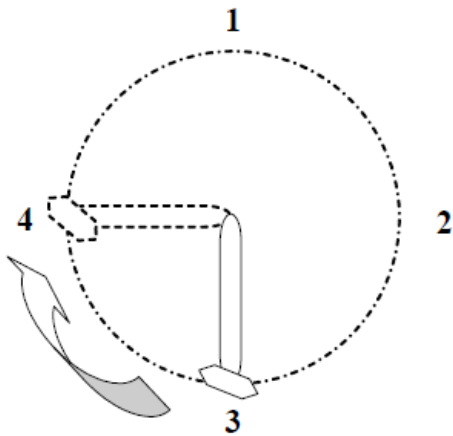
FASE 3° (50% - 75%)

Luego de llegar al punto 3 (desplazándose del punto 3 al 4):

Los trabajos de glúteos terminan temporalmente, continuando el trabajo de tracción de la pierna por parte de los músculos semitendinoso y del bíceps femoral, e iniciando el trabajo del psoas ilíaco, llevando ahora la pierna hacia arriba.

La postura del pie respecto al suelo, es decir la horizontal, sigue siendo la misma: ahora el pie, al igual que toda la pierna, va en contra de la gravedad, y son ahora el tibial anterior y el peroneo anterior los encargados de hacer que el pie no cambie su postura anatómica (4).

Ilustración 4. Fase 3° del pedaleo (4).



FASE 4° (75% - 100%)

Retorna el trabajo de los músculos de la pierna anterior, cuádriceps, vasto interno, vasto externo, recto femoral y tensor de la fascia lata, trabajando de nuevo en la extensión de la pierna y no dejando de flexionar la cadera por acción de los músculos psoas ilíaco.

El trabajo de los músculos tibial anterior y peroneo anterior sigue siendo el mismo, manteniendo la postura del pie y garantizando la buena transmisión de la fuerza de toda la pierna al pedal (4).

Ilustración 5. Fase 4° del pedaleo (4).

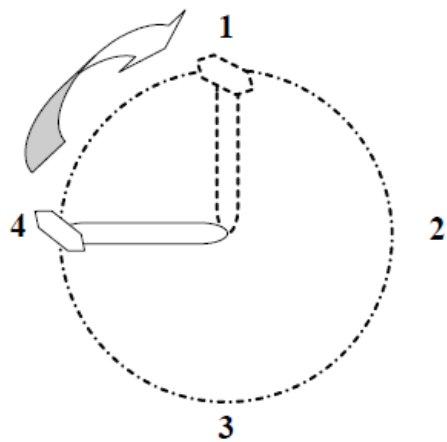
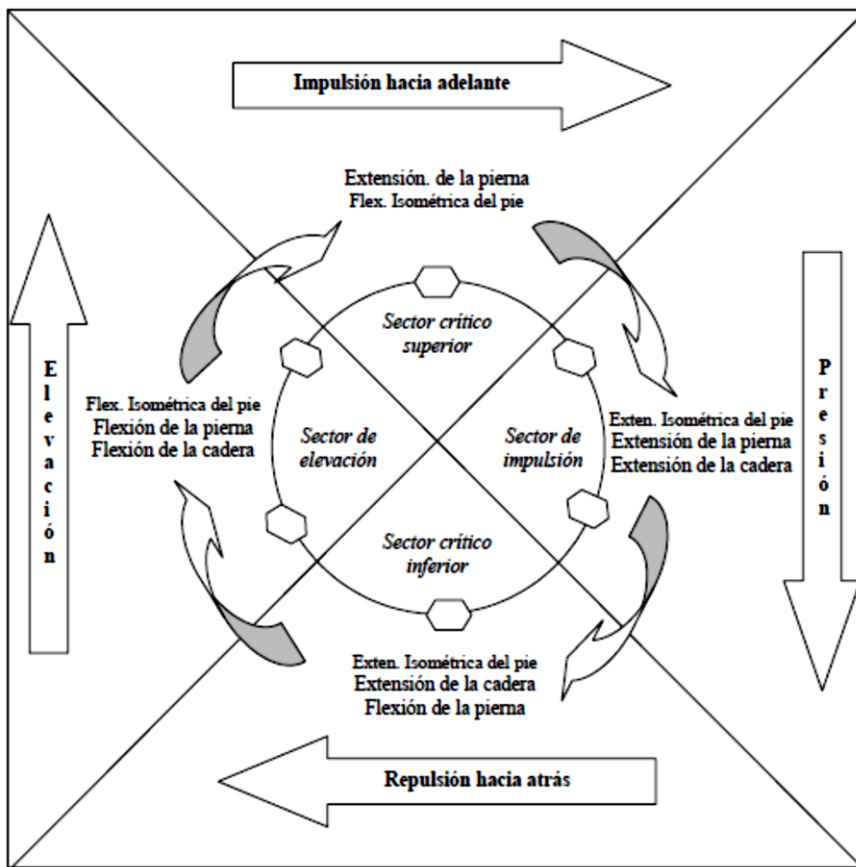


Ilustración 6. Fases del ciclo completo del pedaleo (4).



La transmisión de fuerza y trabajo en la especialidad de ciclo-indoor, se efectúa a través de cinco puntos de contacto: dos anteriores (mano-muñeca), uno central (zona perineal) y dos inferiores (pie y metatarso). Por todo ello entre los problemas que se pueden encontrar entre practicantes se asocian a lesiones a nivel de la rodilla, lumbalgias, cervicalgias y dorsalgias, problemas en extremidades: manos, tendinitis, problemas en zona genital (relacionados con la superficie de contacto-sillín).

5.2 BIOMECÁNICA

La biomecánica es definida como el conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica y distintas tecnologías en, primero, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos y, en particular, del cuerpo humano, y, segundo, en resolver los problemas que le provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido (14). Adicionalmente, se pueden incluir otras definiciones que se ven asociadas al componente físico del movimiento corporal humano, entendiéndose así la biomecánica como la ciencia que se ocupa de las características de la respuesta temporal y espacial de los sólidos biológicos, fluidos y materiales viscoelásticos a los que se les aplican fuerzas externas e internas (17).

Adicionalmente la Biomecánica estudia las diferentes áreas relacionadas en el movimiento del ser humano y los animales, considerando: funcionamiento de los músculos, tendones, ligamentos, cartílagos y huesos, cargas y sobrecargas de estructuras específicas, y factores que influyen en el desempeño (19).

El desarrollo del campo de biomecánica ha mejorado el entendimiento de muchas cosas, incluyendo situaciones normales o patológicas (20). Diferentes aspectos de la biomecánica utilizan diferentes partes de la mecánica aplicada; por ejemplo, los principios de la estática han sido aplicados para analizar la magnitud y la naturaleza de las fuerzas involucradas en varias articulaciones y músculos del sistema musculoesquelético. Los principios de la dinámica han sido utilizados para la descripción del movimiento, el análisis de la marcha, y

el análisis del movimiento segmentario y tienen muchas aplicaciones en la mecánica deportiva (21). Las actividades de investigación en biomecánica pueden ser divididas en tres áreas: estudios experimentales, análisis de modelos e investigación aplicada.

El estudio de los movimientos humanos consiste en la obtención de características mecánicas de éstos. En muchas ocasiones, sobre todo en aplicaciones médicas, se pretende obtener patrones de "normalidad" que permitan comparar y analizar patologías, o estudiar la evolución de un proceso de rehabilitación; en otras aplicaciones el objetivo puede ser optimizar el rendimiento del movimiento, por ejemplo, en deporte; o también reducir los esfuerzos a los que estamos sometidos con el fin de prevenir futuras lesiones, como sería el caso de la biomecánica ocupacional (19).

5.2.1 CINEMÁTICA

La cinemática corresponde al estudio de la geometría del movimiento. Se utiliza para relacionar el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y el tiempo, sin hacer referencia a la causa del movimiento (18).

La cinemática es una de las ramas de la biomecánica que describe los movimientos sin tener en cuenta su causa. La cinemática lineal está relacionada con los movimientos de tipo lineal o curvilíneo.

El movimiento se define como la variación de posición que experimenta el cuerpo en el transcurso del tiempo con respecto a un marco de referencia considerado como fijo.

En el estudio de la cinemática se estudian diferentes variables:

Temporales: tiempo, frecuencia y periodo.

Espaciales: distancia y desplazamiento.

Espacio – temporales: velocidad, rapidez y aceleración.

La cinemática rotatoria está relacionada con los movimientos de tipo angular, donde se describen los movimientos angulares sin tener en cuenta la causa. La unidad internacional de medida angular es el grado ($^{\circ}$), donde una revolución o giro completo tiene 360° (22).

Los movimientos circulares se caracterizan porque la trayectoria que describe el móvil es una circunferencia. Debido a ello, la cinemática angular estudia además de la velocidad y la aceleración, el ángulo descrito por el móvil en el desplazamiento circular alrededor de un eje (23).

5.2.2 DEFINICIONES CINEMÁTICAS

VECTOR DE POSICIÓN

Para saber cómo se mueve un punto, se debe conocer en cada instante cuál es la posición respecto de un sistema de referencia. En el sistema de referencia elegido, la posición de un punto vendrá dada por el vector de posición. Para estudiar el movimiento de ese punto se debe conocer como varía el vector de posición a medida que transcurre el tiempo. La línea que describa el punto al desplazarse, es decir, el lugar geométrico de las sucesivas posiciones que el punto va ocupando a lo largo del tiempo, se conoce como trayectoria (24).

VECTOR DESPLAZAMIENTO

EL vector desplazamiento, se define como un vector cuyo origen es la posición del punto en un instante de tiempo t y cuyo extremo es la posición del mismo punto en el instante de tiempo $t + \Delta t$. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (24).

VELOCIDAD

Magnitud física que brinda información de cómo se mueve el punto, a medida que transcurre el tiempo. Su sentido es el del movimiento (24).

ACELERACIÓN

Es una magnitud vectorial, que refleja como varía la velocidad con el tiempo.

Aceleración normal o centrípeta: Este término caracteriza la rapidez con que varía la dirección del vector velocidad. Por tanto, en los casos en los que la trayectoria es rectilínea, es decir, que el radio de curvatura es infinito, la aceleración normal será nula. La suma de ambas aceleraciones corresponde con la aceleración con que se mueve un cuerpo (24).

EJE INSTANTÁNEO DE ROTACIÓN

El eje instantáneo de rotación se trata de un eje perpendicular al plano de movimiento de un cuerpo, alrededor del cual dicho cuerpo gira, de forma que la velocidad, de las diversas partículas del cuerpo, sea la misma.

La intersección de este eje con el plano del movimiento se conoce como centro instantáneo de rotación, el cual no es un punto fijo respecto al cuerpo ni al plano. A la vez que el cuerpo cambia de posición, también lo hace el centro instantáneo. Dicho punto tiene velocidad nula, es decir, que se encuentra en reposo en cada instante, pero en general su aceleración no será nula, ya que cada instante la posición del eje instantáneo de rotación va variando (24).

MOVIMIENTO ANGULAR

movimiento de cualquier punto del cuerpo, a lo largo de su desplazamiento describe un ángulo en su trayectoria, paralelo y del mismo valor con el que describe cualquier otro punto del mismo cuerpo (24).

5.2.3 MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL MOVIMIENTO HUMANO

Para analizar los movimientos se pueden utilizar métodos de análisis que pueden ser desde los más simples, con ausencia total de ayudas tecnológicas, hasta el más completo y

sofisticados de los laboratorios. Se llaman técnicas cinemáticas a aquellas que nos permiten medir variables cinemáticas: posiciones, velocidades, aceleraciones.

PATRÓN DE NORMALIDAD

Un patrón de normalidad consiste en describir el movimiento que realiza una persona sin discapacidad o patologías, considerando los diferentes grupos de población. El patrón de normalidad puede ser diferente, por ejemplo, para diferentes grupos de edad, sexo, etc.

El método de análisis más elemental es el análisis visual, pero requiere, para obtener los mejores resultados, un procedimiento de trabajo riguroso y sistemático (29).

Otro método de análisis consiste en la determinación de parámetros generales descriptivos del movimiento. Por ejemplo, en el caso de la marcha o la carrera, los temporales, las distancias de paso y la velocidad o cadencia. Para obtener estos parámetros se utilizan técnicas sencillas, como un cronómetro y una cinta métrica, interruptores plantares, pasillos instrumentados u otras técnicas de medida directa.

El estudio sistemático del funcionamiento de cada articulación suele ser el proceso de análisis que aporta más información sobre las particularidades del movimiento de cada sujeto, sus posibles causas y sus efectos. Por ejemplo, para la valoración completa del funcionamiento de las articulaciones del miembro inferior (tobillo, rodilla y cadera), durante la marcha, es conveniente analizar la evolución temporal del ángulo adoptado por la articulación, el momento articular y la actividad de los grupos musculares más importantes, siendo muy útil la representación simultáneamente y en fase de la evolución temporal de estas variables.

La cinemática puede valorarse mediante análisis visual, con o sin registro de vídeo, o se puede medir con técnicas directas basadas en goniómetros o en equipos de ultrasonidos, o con técnicas indirectas basadas en vídeo- fotogrametría (21).

MEDICIONES CINEMÁTICAS

La cinemática analiza el movimiento sin tener en cuenta las causas que lo producen, ésta incluye patrones lineales y angulares de desplazamiento, velocidad y aceleración (24). Un dato cinemático importante es el desplazamiento angular conocido también como el ángulo articular, el cual permite identificar situaciones normales y con anormalidad o patológicas de los segmentos de miembro inferior durante el movimiento. Otras variables adicionales se obtienen a partir de las mediciones cinemáticas y son conocidas como parámetros temporo-espaciales, los cuales cuantifican eventos clave en el ciclo de marcha (25). Los desplazamientos son tomados desde puntos anatómicos: centros de gravedad de segmentos, centros de rotación articular, extremos de segmentos de miembros o prominencias anatómicas.

Los sistemas de referencia pueden ser absolutos o relativos. El sistema absoluto está fijo en el laboratorio de análisis de marcha o en el espacio de recolección de los datos, conocido como el espacio de calibración, comúnmente este sistema se ubica a nivel del piso (26). El sistema relativo toma como marco de referencia las prominencias anatómicas distales y proximales de cada segmento de miembro inferior o superior y se ubica en su respectivo centro de masa.

5.2.4 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO

Para el estudio de la biomecánica del movimiento humano hay dos aproximaciones fundamentales: la dinámica directa y la dinámica inversa. Los modelos basados en dinámica directa utilizan como dato de entrada el comando neural y mediante éste determinan el nivel de activación muscular. El comando neural puede estimarse con modelos de optimización o de electromiogramas. Por el contrario, la dinámica inversa aborda el problema desde un punto de vista opuesto. Estos modelos utilizan como entrada los datos cinemáticos, por ejemplo, el desplazamiento, velocidad y aceleración de los segmentos corporales y cinéticos (27).

De las dos aproximaciones mencionadas, la más usada es la dinámica inversa, debido ante todo a las limitaciones que posee la dinámica directa (27).

Actualmente, las técnicas más utilizadas para la recolección de datos cinemáticos, mediante la aproximación de dinámica inversa son: rastreo electromagnético, rastreo por medio de electrogoniómetros, rastreo por ultrasonido, videogrametría, entre otras. Hasta ahora la más confiable es la videogrametría, cuyos sistemas de análisis de movimiento basados en este método varían en precio según la necesidad, dependiendo de los métodos que utilizan y las variables que puedan calcular (27).

El proceso de análisis visual de la marcha se efectúa de forma más adecuada en dos etapas:

Una observación global de la acción a analizar.

Posteriormente una secuencia anatómica, con la intención de ordenar los múltiples acontecimientos que ocurren en las diferentes articulaciones.

Esta aproximación se inicia con la observación de los pies hasta ir progresando a nivel proximal. El entrenamiento de la secuencia normal de acontecimientos debe desarrollarse mediante una cuidadosa observación de los patrones normales, con ánimo de familiarizarse, nivel por nivel, con la dirección y magnitud del movimiento en cada fase, y en cada uno de los niveles. Una vez adquirido este modelo de comportamiento de normal, las patologías se definen como desviaciones respecto a este patrón de normalidad. Es aconsejable, no avanzar en niveles anatómicos hasta que las alteraciones en el nivel anterior hayan sido perfectamente descritas.

Los hallazgos así detectados, suponen la identificación de las alteraciones globales con la suma de alteraciones en los diferentes niveles y en las diversas fases del movimiento. Cuando no es factible una conclusión clínica evidente, se hace necesario un análisis mediante instrumentación (29).

Recomendaciones para el análisis de movimiento:

Los sujetos deben vestir pantalones cortos o bañador, con lo que la mayor parte las extremidades son visibles. Es importante que el sujeto se mueva lo más normalmente

posible por lo que se le consultará sobre el calzado que prefiere utilizar y si desea utilizar calcetines, pues es curioso observar las molestias psicológicas que provoca el ser filmado usando combinaciones de ropa no usuales (24).

A menos que el sujeto se canse enseguida es ideal realizar uno o dos ciclos del movimiento de prueba antes de comenzar la grabación.

En primer lugar, se instalará la cámara y se ajustará el zoom para tomar el cuerpo entero desde la cabeza a los pies y se grabará desde un lateral mientras el sujeto se mueve. El proceso entero se repetirá entonces ajustando la cámara para grabar sólo, en detalle, el cuerpo por debajo de la cintura. A continuación, se grabará una vista anterior después posterior.

No es conveniente que el sujeto pueda verse en la pantalla mientras se mueve pues ello provocaría distracciones, especialmente en los niños. Es posible mostrar las imágenes al sujeto una vez acabada la toma.

El análisis se realiza mediante el visionado del video filmado, observando la diferente toma e interpretando la historia clínica y el examen físico del sujeto (29, 30).

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características cinemáticas del gesto ciclístico del pedaleo en los instructores de ciclismo indoor con respecto a variables sociodemográficas, antropométricas y técnicas.

6.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer las características sociodemográficas, técnicas y antropométricas de los instructores de ciclismo indoor participantes en el estudio.

Establecer los valores cinemáticos de movimiento de los principales segmentos en extremidades inferiores involucrados en el gesto ciclístico.

Determinar la relación entre las variables cinemáticas de miembro inferior del gesto del pedaleo con las variables sociodemográficas, técnicas y antropométricas.

7 METODOLOGÍA

El presente estudio se enmarca en un enfoque de investigación cuantitativo, el cual es de tipo descriptivo observacional con intención analítica, de corte transversal y con alcance correlacional. El presente estudio permitirá caracterizar la cinemática de las extremidades inferiores del gesto ciclístico en instructores de ciclismo indoor. Para describir las características cinemáticas del gesto ciclístico se tomó un grupo de entrenadores para hacer una sola evaluación con un carácter de observación, utilizando un software de análisis de movimiento; las respectivas mediciones y posterior análisis cinemático, teniendo en cuenta la variabilidad en la geometría del movimiento.

Es un estudio de tipo cuantitativo, ya que es un estudio en el cual se recogió los datos para su posterior análisis, estos datos hacen referencia a las variables establecidas. También es necesario tener en cuenta que en los estudios cuantitativos se utilizan técnicas estadísticas para conocer ciertos aspectos de interés sobre una población que se está estudiando.

El proceso tiene un enfoque analítico, ya que busca la explicación de un fenómeno específico, en este caso caracterizar la cinemática en extremidades inferiores del gesto ciclístico en los instructores de ciclismo indoor en la ciudad de Medellín, teniendo una base para el análisis de cinemático de otro grupo de instructores y la posibilidad de mejorar las condiciones de este grupo de personas.

Debido al estado del arte actual, asociado a la muestra limitada para el desarrollo de la investigación, las escasas investigaciones realizadas a la cinemática del gesto ciclístico específicamente en la modalidad del Indoor, se convierte en un estudio exploratorio.

A partir de la selección de las variables, su posterior medición y descripción se hace un estudio descriptivo, a partir de las propiedades inherentes del fenómeno a estudiar se pudieron establecer las características sociodemográficas de los instructores y se identificaron las características cinemáticas, de este modo la investigación es descriptiva.

7.1 POBLACION Y MUESTRA

La población fueron profesionales que laboran como instructores bajo la modalidad de ciclismo indoor en la ciudad de Medellín. Para determinar la población y la muestra se incluyeron centros de acondicionamiento y preparación física (CAPF) y gimnasios de instituciones de educación superior, clubes y ligas de la ciudad de Medellín, sin incluir aquellas instituciones que por sus características legales y política interna no permiten la realización de investigación científica o restringen el uso de información interna. Se indentificaron 52 gimnasios registrados en la ciudad (sin incluir sus sedes), de estos, 4 gimnasios de gran formato y 10 gimnasios con clase registra en la programación de spinning® (ciclismo indoor); se registro un total de 43 instructores de ciclismo indoor. Se calculó el tamaño de la muestra con el programa epidat 4,2, generando una muestra final de 15 participantes (nivel de confianza fue del 95% con un porcentaje de error del 5%).

Los participantes fueron seleccionados de forma no probabilística, es decir, se invitaron a los diferentes instructores de los centros de referencia a participar en la investigación, se verificaron los criterios de elegibilidad quienes aceptaron participar en el estudio y posteriormente fueron incluidos hasta llegar a la muestra establecida.

La selección se realizó a conveniencia debido a la baja población objeto a investigar y a las limitaciones dadas por los centros de acondicionamiento y preparación física de la ciudad, debido a sus políticas internas asociadas a la investigación.

7.2 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

7.2.1 Criterios de inclusión

Profesionales del ejercicio que laboren como instructores bajo la modalidad de ciclismo indoor en la ciudad de Medellín.

Aceptación de los instructores en la participación en el estudio mediante la firma del consentimiento informado.

Práctica mínima semanal del instructor de 2 horas en clase.

Tener más de 18 años de edad

7.2.2 Criterios de exclusión

Instructores con lesiones musculoesqueléticas en los últimos tres meses.

Personas con cirugías recientes a nivel de las extremidades inferiores.

Instructores que no tengan aval para la práctica de la modalidad del estudio.

Instructores que se encuentren en período de descanso o vacaciones durante la toma de información.

La no aceptación de participar en el estudio.

Laborar en un centro de acondicionamiento y preparación física cuya política interna no permite la participación en investigación o uso de información.

7.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

7.3.1 Esquema de variables de investigación

Ilustración 7. Esquema de operacionalización de variables de investigación.



7.3.2 Operacionalización de variables. denominación y características.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DENOMINACIÓN	MEDIDA	TIPO	
SOCIODEMOGRÁFICAS				
EDAD	Edad	Años	Cuanti.	Escala
SEXO	Sexo	Hombre - Mujer	Cuali.	Nominal
TÉCNICAS				
T. INST.	Tiempo como instructor	Años	Cuanti.	Escala
CALZADO	Calzado especial de ciclismo	Si - No	Cuali.	Nominal
ALTURA S	Altura del sillín	Centímetros	Cuanti.	Escala
ALTURA M	Altura del manillar	Centímetros	Cuanti.	Escala
RETROCESO	Retroceso del sillín	Centímetros	Cuanti.	Escala
DOMINANCIA	Extremidad dominante	Dcha. - Izq.	Cuali.	Nominal
RPM	Revoluciones por minuto del pedaleo	Rpm	Cuanti.	Escala
ANTROPOMÉTRICAS				
PESO	Peso de la persona	Kilogramos	Cuanti.	Escala
TALLA	Talla de la persona	Centímetros	Cuanti.	Escala
IMC	Índice de masa corporal	Kg/mt ²	Cuanti.	Escala
D. IASIS	Distancia entre las espinas ilíacas AS	Centímetros	Cuanti.	Escala

LONG P	Longitud Extremidad	Centímetros	Cuanti.	Escala
ANCH R	Ancho de la rodilla	Centímetros	Cuanti.	Escala
ANCH TD	Ancho del tobillo	Centímetros	Cuanti.	Escala
ASIS TR	Distancia espina ilíaca al trocánter mayor	Centímetros	Cuanti.	Escala
CINEMÁTICAS				
0% PD TILT	Angulo de tilt pélvico según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% PD TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% PD TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% PD TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% PD TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% PI TILT	Angulo de tilt pélvico según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% PI TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% PI TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% PI TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% PI TILT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% PD OBL	Ángulo de oblicuidad pélvica según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% PD OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
50% PD OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
75% PD OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
100% PD OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
0% PI OBL	Ángulo de oblicuidad pélvica según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% PI OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
50% PI OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
75% PI OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
100% PI OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
0% PD ROT	Ángulo de rotación pélvica según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% PD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% PD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% PD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% PD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% PI ROT	Ángulo de rotación pélvica según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% PI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% PI OBL		Grados °	Cuanti.	Escala
75% PI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% PI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% CD FL/EX	Ángulo de flexión/extensión de cadera según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% CD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
50% CD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala

75% CD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
100% CD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
0% CI FL/EX	Ángulo de flexión/extensión de cadera según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% CI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
50% CI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
75% CI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
100% CI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
0% CD ABD/AD		Ángulo de abducción/ aducción de cadera según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.
25% CD ABD/AD	Grados °		Cuanti.	Escala
50% CD ABD/AD	Grados °		Cuanti.	Escala
75% CD ABD/AD	Grados °		Cuanti.	Escala
100% CD ABD/AD	Grados °		Cuanti.	Escala
0% CI ABD/AD	Ángulo de abducción / aducción de cadera según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% CI ABD/AD		Grados °	Cuanti.	Escala
50% CI ABD/AD		Grados °	Cuanti.	Escala
75% CI ABD/AD		Grados °	Cuanti.	Escala
100% CI ABD/AD		Grados °	Cuanti.	Escala
0% CD ROT		Ángulo de rotación de cadera según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.
25% CD ROT	Grados °		Cuanti.	Escala
50% CD ROT	Grados °		Cuanti.	Escala
75% CD ROT	Grados °		Cuanti.	Escala
100% CD ROT	Grados °		Cuanti.	Escala
0% CI ROT	Ángulo de rotación de cadera según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% CI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% CI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% CI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% CI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% RD FL/EX	Ángulo de flexión/extensión de rodilla según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% RD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
50% RD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
75% RD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
100% RD FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
0% RI FL/EX	Ángulo de flexión/extensión de rodilla según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% RI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
50% RI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
75% RI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
100% RI FL/EX		Grados °	Cuanti.	Escala
0% RD VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala

25% RD VAR/VAL	Ángulo de valgo varo de rodilla según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
50% RD VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
75% RD VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
100% RD VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
0% RI VAR/VAL	Ángulo de valgo/varo de rodilla según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% RI VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
50% RI VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
75% RI VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
100% RI VAR/VAL		Grados °	Cuanti.	Escala
0% RD ROT	Ángulo de rotación de rodilla según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% RD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% RD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% RD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% RD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% RI ROT	Ángulo de rotación de rodilla según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% RI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% RI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% RI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% RI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% TD D/P	Ángulo de dorsiflexión / plantiflexión de tobillo según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% TD D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
50% TD D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
75% TD D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
100% TD D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
0% TI D/P	Ángulo de dorsiflexión / plantiflexión de tobillo según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% TI D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
50% TI D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
75% TI D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
100% TI D/P		Grados °	Cuanti.	Escala
0% TD ROT	Ángulo de rotación de tobillo según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% TD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% TD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% TD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
100% TD ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% TI ROT	Ángulo de rotación de tobillo según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% TI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
50% TI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
75% TI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala

100% TI ROT		Grados °	Cuanti.	Escala
0% TD PRG	Ángulo de progresión de tobillo según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad derecha.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% TD PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
50% TD PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
75% TD PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
100% TD PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
0% TI PRG	Ángulo de progresión de tobillo según porcentaje de ciclo del pedaleo. Extremidad izquierda.	Grados °	Cuanti.	Escala
25% TI PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
50% TI PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
75% TI PRG		Grados °	Cuanti.	Escala
100% TI PRG		Grados °	Cuanti.	Escala

Cuanti. (variable cuantitativa). Cual. (variable cualitativa).

7.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

7.4.1 Instrumentos

El estudio se basó en la aplicación de diferentes instrumentos investigativos para la recolección de la información.

Observación: consiste en la visualización de hechos con su respectivo análisis biomecánico, la cual se encuentra respaldada por las filmaciones realizadas a los participantes durante la prueba. El método de observación se asocia a la adquisición de datos que arroja el programa VICON.

Formulario de registro: radica en una serie de preguntas específicas, referentes a las características sociodemográficas, antecedentes relevantes y demás datos de interés necesarios para el análisis de variables.

7.4.2 Equipos

Bicicleta - Ergómetro Testing Monark.

Características: Péndulo escala, altura del asiento ajustable, manillar ajustable con palanca de liberación rápida, columna estable, tubo de acero sólido, medidor electrónico, cálculo de

vueltas por minuto (RPM), frecuencia cardíaca en latidos por minuto (HR), tiempos de ciclo en minutos y segundos (Tiempo), velocidad de pedaleo previsto en km/millas por hora (VELOCIDAD), distancia recorrida en km/ millas (DISTANCIA). Resistencia de 0-7 Kp.

Software de análisis biomecánico del movimiento.

Sistema VICON para análisis de movimiento

Es un sistema conformado por cámaras de video, ubicadas de forma que se puedan tomar las imágenes desde todos los ángulos, y un software de análisis de movimiento, en este caso Nexus, con el que se realizó el análisis del pedaleo en las diferentes personas, utilizando marcadores reflectantes que se ubican en las articulaciones de cada persona y que son reconocidos por el sistema.

7.4.3 Procedimiento

El presente estudio se realizó en 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

Etapa 1: Protocolo

Para la primera etapa y posterior a la revisión bibliográfica, se desarrolló la estandarización en el manejo de equipos que se utilizaron en las pruebas con el apoyo de los ingenieros biomédicos del laboratorio, luego se hicieron ensayos del protocolo en el cual se ejecutó la prueba piloto con el protocolo inicial con los posteriores ajustes necesarios.

En esta etapa, cada participante firmó el consentimiento informado (anexo 1) y la autorización para la toma de fotografías y videos (anexo 2), en estos documentos el participante certificó que conoce y acepta los alcances, limitaciones y compromisos del proyecto.

Etapa 2: Registro de parámetros y pruebas

Luego de tener la primera etapa de ajuste, se comenzó el registro de parámetros biomecánicos para posterior realización de análisis mediante videogrametría y las gráficas resultantes con el sistema VICON.

Etapa 3: Análisis de resultados

Una vez identificados los resultados de cada una de las pruebas realizadas en la etapa anterior, se analizó el gesto (gráficas) con la información obtenida en el sistema de análisis de movimiento y se aplicaron las diferentes pruebas estadísticas.

Etapa 4: Conclusiones y recomendaciones

Al finalizar la etapa 3 se reunió toda la información para finalizar las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

7.4.4 Descripción

Para el desarrollo de la investigación se realizó el diligenciamiento del formato que contiene los datos sociodemográficos, datos de registro durante las mediciones y demás información de importancia asociada a los participantes, con una previa firma del consentimiento informado de aceptación de participación en el estudio (anexo 1). Seguidamente se realizó la verificación del funcionamiento de las cámaras con su respectiva calibración (sistema de análisis de movimiento VICON), para posteriormente ubicar la bicicleta en el espacio determinado y realizar las mediciones específicas como la altura de los puntos móviles de la bicicleta adaptados por el instructor.

Se utilizó en todas las evaluaciones una bicicleta de ciclismo indoor de tipo Ergómetro Testing Monark, con el fin de estandarizar las mediciones en cuanto a la adaptación de los puntos móviles de la bicicleta (altura y retroceso del sillín, retroceso del sillín) y disminuir la variabilidad en los movimientos asociados a la resistencia por el diseño de la bicicleta (teniendo la posibilidad de ajustar una resistencia exacta medida en Kp (kilopondios) y manteniéndola durante el desarrollo de la prueba en la bicicleta). Se verificó el tipo de

indumentaria (vestimenta) a utilizar por el participante y el tipo de calzado para la práctica ciclística.

Se realizó la medición de las variables antropométricas (peso, talla, IMC), y mediciones de las longitudes y perímetros corporales, posteriormente se realizó la ubicación de los marcadores adhesivos con la respectiva prueba de registro en el sistema VICON en los puntos establecidos sobre el participante.

Para realizar el análisis del gesto del pedaleo, se utilizó un sistema de captura y análisis de movimiento humano (sistema VICON), esto con el fin de recrear fácilmente los movimientos complejos. El sistema VICON, es un método óptico de captura y análisis del movimiento humano en 3D. Para reproducir el movimiento utilizaron 8 cámaras de infrarrojos y marcadores pasivos retro-reflectantes colocados en puntos específicos del cuerpo (método total Body Plugin Gait). Posteriormente los datos fueron procesados en el sistema Polygon, el cual permitió visualizar los movimientos de los sujetos de forma sincronizada en el mismo panel 3D, y posteriormente normalizar los gráficos arrojados empleando eventos predefinidos por medio curvas medias. Con la base de datos organizados y completos se realizó el análisis en el paquete estadístico SPSS versión 21 para dar el reporte de los resultados finales.

7.4.5 Protocolo

Los pasos para la captura del ciclo del pedaleo de todos los participantes y la obtención de los datos a analizar se enumeran a continuación.

Posicionamiento y orientación de las cámaras para capturar el área de trabajo necesaria para realizar las pruebas del estudio.

Calibración del sistema de cámaras tanto para fijar el origen y sistema de referencia global de coordenadas como para calcular la orientación y posición de cada cámara en relación al resto: calibración estática y dinámica.

Realización de las pruebas de validación, como entrenamiento en la colocación de los marcadores.

Los siguientes pasos se realizaron para cada una de las sesiones de captura:

Calibración estática y dinámica justo antes del inicio de las pruebas.

Llegada del participante al Laboratorio de Biomecánica: breve explicación de las pruebas, entrega del protocolo seguido y firma del consentimiento informado.

Cambio de indumentaria: pantalón corto y camiseta ajustados.

Cumplimentación de la ficha de recogida de datos: características descriptivas y datos generales del participante, mediciones antropométricas, observaciones, etc.

Mediciones antropométricas: peso, talla e IMC, longitud de los miembros inferiores. Al iniciar con la toma de datos de los participantes, se calculó la masa con báscula digital mic health BSA-1905W y se midieron con tallímetro de pared marca SECA 206 para obtener el IMC, se inició con la toma de medidas antropométricas con antropómetro Lafayette 60 y cinta métrica ergonómica SECA modelo 201 siguiendo las referencias del software VICON NEXUS 1.8.5 modelo full body, midiendo cada ítem en ambos hemicuerpos, las cuales fueron: Ancho de ASIS, Longitud de pierna, Ancho de tobillo, Ancho de rodilla, Distancia ASIS – trocánter.

Colocación de los marcadores según el modelo Plug In Gait. Anexo 2. Ubicación de marcadores: previo al inicio de la práctica ciclística se realizó la ubicación de marcadores reflectantes con adhesivo en diferentes puntos de referencia de las extremidades inferiores; para dicha ubicación se tomaron como referencia estudios biomecánicos previos realizados en deportistas según el modelo Plug In Gait (31, 32, 33).

Se colocan 35 marcadores siguiendo la propuesta por el MoCap de VICON (tabla 2).

Tabla 2. Ubicación de marcadores.

SEGMENTO	LOCALIZACIÓN
Cabeza	2 en la frente 2 en la parte posterior
Miembros superiores	Acromion (dcha. – izq.) Olécranon (dcha. – izq.) Estiloides cubital (dcha. – izq.) Estiloides radial (dcha. – izq.) Cabeza de 3 MTC (dcha. – izq.)
Tronco	Manubrio Apófisis xifoides Vértebra C7 Escapula derecha Vértebra T10
Miembros inferiores	EIAS (dcha. – izq.) EIPS (dcha. – izq.) Muslo debajo de los dedos de la mano (dcha. – izq.) Cóndilos laterales (dcha. – izq.) Distancia media entre cóndilos y maléolos (dcha. – izq.) Maléolo externo (dcha. – izq.) Talón (dcha. – izq.) Cabeza de 2 MTT (dcha. – izq.)

Se utilizó el modelo de cuerpo entero con todos los participantes, sin embargo, por las características de la investigación, sólo se incluyeron los datos relacionados con las extremidades inferiores.

Realización de las pruebas:

Estática (1 prueba): se realizó la filmación sobre la bicicleta sin movimiento.

Dinámicas (10 pruebas): se realizó la filmación durante la ejecución del gesto del pedaleo.

Se realizaron varias filmaciones hasta obtener al menos 3 registros válidos.

Durante la realización de la prueba, el ciclista inició con un calentamiento de 2 minutos aproximadamente, posteriormente se realizó la toma de 10 registros de video cada uno de 10 segundos para obtener el ciclo completo de pedaleo, a una cadencia con rango de 50 a 60 RPM y una resistencia constante de 2 kp.

El tiempo aproximado de la preparación y recogida de los datos de cada sujeto osciló entre 45-60 minutos.

Al finalizar todas las sesiones de captura se realizaron los siguientes pasos:

Almacenaje de la información proporcionada por el sistema para crear una base de datos.

Procesado de las pruebas capturadas:

Estática: Etiquetado de marcadores y generación del esqueleto interno. Este procesado permite hallar los valores angulares correspondientes a la posición estática de la pelvis y articulaciones de los miembros inferiores, cadera, rodilla y tobillo, en los tres planos anatómicos de movimiento.

Dinámicas: reconstrucción de las trayectorias perdidas y detección de eventos (división del ciclo de pedaleo).

En este procesado se obtiene los parámetros temporo-espaciales que caracterizan el pedaleo: la velocidad cadencia, tiempo de ciclo y tiempo de apoyo porcentual.

7.5 CONSIDERACIONES ETICAS

De acuerdo con los principios establecidos en la resolución 008430 de octubre 4 de agosto de 1993, la presente investigación se consideró de riesgo mínimo ya que la información obtenida en el estudio fue a través de una encuesta donde se garantiza el anonimato, mediciones ya estandarizadas que no ponen en riesgo a los participantes, no se modifican conductas ni tratamientos, sin ocasionar ningún tipo de daño o inconveniente en el

cumplimiento con los aspectos mencionados con el Artículo 6 de la presente Resolución, este estudio se desarrolló conforme a los siguientes criterios:

Para el estudio se garantizaron los 4 principios fundamentales de Bioética (la autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia); donde se aseguró el respeto por los participantes a través de la firma del consentimiento informado (anexo 4) y se explicó las características del estudio, se mantuvo la privacidad y seguimiento de los participantes; adicionalmente los datos, análisis y posteriores resultados serán utilizados únicamente con fines académicos y científicos.

7.6 PRUEBA PILOTO

Fueron sometidos a prueba piloto los instrumentos para recolección de los datos donde se incluye el software de análisis biomecánico y los elementos del laboratorio (según la descripción del procedimiento en fase 1). También se incluyó en la prueba piloto el formato diseñado para el registro de datos y antecedentes clínicos. Se aplicó la prueba a 4 instructores (correspondiente a aproximadamente el 10% de la población), quienes cumplieron con los criterios de elegibilidad y firmaron el consentimiento.

7.7 CONTROL DE ERRORES Y SESGOS

Tabla 3. Errores y sesgos.

TIPO DE SESGO	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIA DE CONTROL
DEFINICIÓN	Fuente de información: conceptos poco claros sobre parámetros de marcha, debido a variedad de definiciones en la bibliografía.	Unificación de conceptos con aval de un experto o especialista. Utilización de los conceptos de la bibliografía más actual disponible.
	Diseño de instrumentos	Mediciones de prueba y capacitaciones por parte del personal investigador para manejo del

		software y calibración de los instrumentos de los laboratorios.
INFORMACIÓN	Medición: información incorrecta suministrada por el participante o los instrumentos para utilizar.	Corroboración de datos de identificación con documentación. Utilización de instrumentos confiables y medición de talla y peso con las mismas herramientas. Calibración del software regularmente durante la ejecución del estudio
INVESTIGADOR	Transcripción incorrecta de la información al campo de identificación del paciente en el software.	Verificación de la información registrada.

Otros controles:

Prueba piloto para control de los cuestionarios y el software.

Estandarización y calibración de los equipos biomédicos.

Entrenamiento a profesionales en las técnicas de recolección de la información.

Verificación de criterios de elegibilidad para los participantes del estudio.

7.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El registro de los datos antropométricos y técnicos fueron realizados en el formato establecido de forma física, posteriormente los datos fueron tabulados y organizados por variable y participante en la hoja de cálculo Excel, los datos arrojados por el sistema de captura de movimiento respecto a las variables cinemáticas fueron procesados en el software Vicon Polygon y descargados posteriormente en hoja de cálculo Excel; todos los datos fueron migrados al paquete estadístico SPSS versión 21. Se realizaron los análisis

univariados mediante pruebas estadísticas descriptivas con medidas de tendencia central, posteriormente se verificó la distribución normal de los datos en las variables cuantitativas; para el análisis bivariado se aplicaron pruebas paramétricas (Correlación de Pearson) y no paramétricas (Rho de Spearman) según la distribución de los datos para determinar la significancia estadística y posibles correlaciones, con el ánimo de dar respuesta a los objetivos específicos de la investigación.

8 RESULTADOS

8.1 DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS Y TÉCNICOS

Los análisis univariados fueron realizados mediante la aplicación medidas de tendencia central y divididos según el tipo o categoría de las variables a analizar. Los análisis fueron realizados respecto a la totalidad de la población evaluada (15 participantes), donde 13 de ellos pertenecen al sexo masculino. Se indagó sobre la utilización de calzado especial para la práctica en la bicicleta, donde solo 2 de ellos utilizan este tipo de calzado, el resto de los participantes utilizan calzado deportivo convencional. Al determinar la lateralidad o la dominancia de la extremidad, la misma cantidad de personas fueron de dominancia izquierda, y los 13 restantes de dominancia derecha.

En la tabla 4, se describe la edad de los instructores evaluados donde se encontró una edad mínima de 22 años y máximo 39 años de edad (edad promedio 30,8 años). En cuanto al tiempo que llevan como instructores de ciclismo indoor se evidenció un promedio de 7 años \pm 5,8 años. Para adoptar la posición sobre la bicicleta, los instructores adecuaron los diferentes puntos móviles según su percepción respecto al movimiento y el grado de comodidad (altura y retroceso del sillín, altura del manillar), donde la altura media del sillín fue de 94,6 cm \pm 6,3 respecto al eje del pedalier; la altura del manillar tuvo un promedio de 110 cm \pm 5 respecto al piso y el retroceso del sillín tuvo una media de 54 cm \pm 12,7 (determinada como la distancia entre el manillar y el sillín, es decir, longitud de potencia en la bicicleta). Finalmente se determinó la cadencia del pedaleo en relación a las revoluciones por minuto (RPM), donde se encontró un promedio 51,3 RPM \pm 5.

Tabla 4. Variables sociodemográficas y técnicas de los instructores de ciclismo indoor.

VARIABLE	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad (años)	22	39	30,87	5,45
T. Ins (años)	2	20	7,47	5,89
Altura S (cm)	84,0	104,5	94,63	6,36
Altura M (cm)	102,0	115,5	110,23	4,94
Retro (cm)	45,5	98,5	54,27	12,74

RPM	40	60	51,53	5,65
-----	----	----	-------	------

Edad (años de la persona), T. Ins (años como instructor de ciclismo indoor), Altura S (altura en centímetros del sillín), Altura M (altura en centímetros del manillar), Retro (distancia en centímetros del sillín al manillar), RPM (revoluciones por minuto).

8.2 DATOS ANTROPOMÉTRICOS

Respecto a las mediciones antropométricas, se evidenció entre los participantes un peso promedio de $74,7 \text{ Kg} \pm 14,8$, y una estura promedio de 1,71 metros; adicionalmente se realizó el cálculo del índice de masa corporal (IMC) para determinar la relación entre el peso y la talla, donde se encontró una media del IMC de $25,1 \text{ Kg/mt}^2 \pm 3,1$; respecto a la categorización de esta información, se evidenció que 9 de los participantes presentaron un IMC que supera los límites normales (sobrepeso), el resto de los participantes presentan un peso normal. Adicionalmente para ejecutar la reconstrucción de las personas en el sistema de captura de movimiento, se realizó la toma de medidas antropométricas asociadas a longitudes y grosor de las extremidades (descritas en la tabla 5).

Tabla 5. Mediciones antropométricas de los instructores de ciclismo.

VARIABLES ANTROPOMETRICAS				
Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Peso (Kg)	46,9	97,6	74,75	14,82
Talla (cms)	152	183	171	0,097
IMC N (Kg/mt ²)	19,6	29,1	25,17	3,097
D. I-ASIS	20,9	31,0	26,91	27,37
Long PD	79	101,5	89,97	64,90
Long PI	79	102	90,17	65,81
Ancho RD	8,5	10,9	97,67	7,13
Ancho RI	8,6	10,9	98,13	6,4
Ancho TD	5,6	7,6	66,67	6,57

Ancho TI	5,6	7,8	66,93	6,68
ASIS Tr D	6,9	11,2	8,13	2,54
ASIS Tr I	6,5	11,1	8,60	1,54

Peso (en kilogramos), Talla (en centímetros), IMC (índice de masa corporal en Kg/mt²), D. I-ASIS (distancia entre espinas iliacas superiores en centímetros), Long P (longitud pierna en centímetros), Ancho R (ancho de la rodilla en centímetros), Ancho TD (ancho del tobillo en centímetros), ASIS Tr (distancia de la espina iliaca al trocánter mayor en centímetros).

8.3 DATOS CINEMÁTICOS

Se realizó la evaluación y el análisis de los segmentos involucrados en el gesto del pedaleo de miembro inferior (pelvis, cadera, rodilla y tobillo), donde se obtuvieron resultados asociados a los tres planos de referencia y su movimiento afín; para la pelvis se analizaron los movimientos de Tilt (anteversión – retroversión) en el plano sagital, oblicuidad (elevación – descenso) en el plano frontal y rotación pélvica (anterior – posterior) en el plano transversal; para la cadera se analizaron los movimientos de flexión y extensión en el plano sagital, abducción y aducción en el plano frontal, rotación femoral (externa – interna) en el plano transversal; para la rodilla se determinó flexión y extensión en el plano sagital, valgo y varo en el plano frontal, rotación tibial (externa – interna) en el plano transversal; para el tobillo y pie se determinó la flexión (dorsal – plantar) en el plano sagital, rotación (inversión – eversión) en el plano frontal, progresión (externa – interna) en el plano transversal.

Los movimientos se analizaron respecto al ciclo completo de movimiento comprendido de 0% a 100% (subdividido en dos fases: presión 0% – 25% y recobro 50% - 75%), asociando cada porcentaje de movimiento al grado (°) de desplazamiento articular. Se obtuvieron los rangos promedio de movimiento en cada participante y demás medidas de tendencia central, para posteriormente obtener el rango de normalidad de movimiento.

Para establecer los grados de “normalidad” de cada movimiento de ambas extremidades inferiores durante el gesto del pedaleo, se determinaron medidas de tendencia central (promedio, límite inferior y límite superior respectivamente). Posteriormente se graficaron los datos para establecer las curvas de normalidad por segmento (pelvis, cadera, rodilla y tobillo), movimiento (según el segmento), plano de movimiento (sagital, frontal y transversal) y porcentaje del ciclo de pedaleo (0% al 100%). En la graficas se evidenció el promedio del rango de movimiento (línea roja), el límite superior e inferior del rango de movimiento (línea punteada) y la comparación entre ambas extremidades.

PELVIS

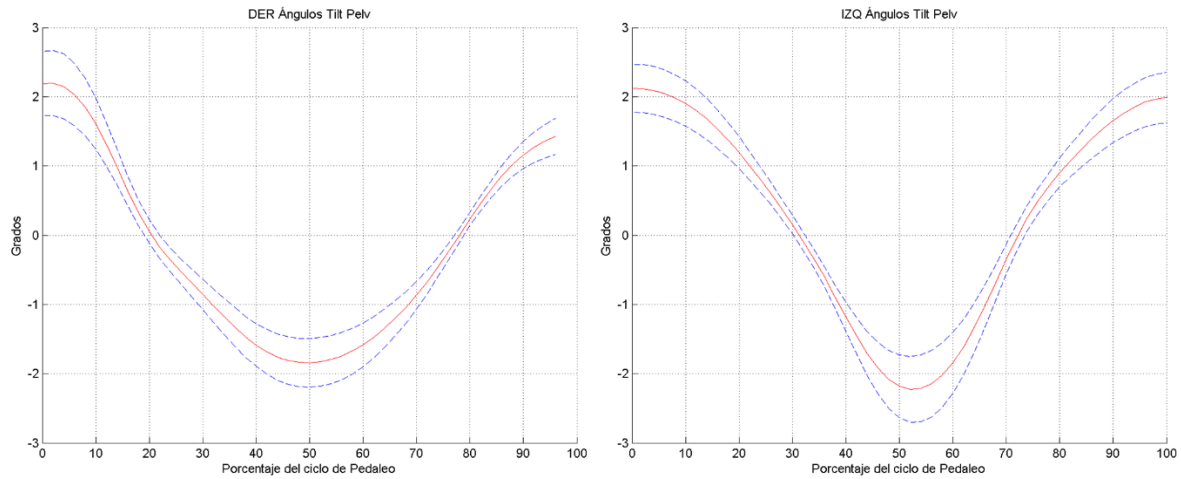
El ciclo del pedaleo inicia con la posición de la biela en el punto más alto (0%), donde se evidencia para el movimiento de tilt pélvico (plano sagital) un promedio de $2,7^{\circ}$ partiendo de la retroversión, alcanza el punto de normo versión (0°) entre el 20% al 30% del ciclo del pedaleo, posteriormente la pelvis se desplaza a anteversión con un movimiento máximo $2,1^{\circ}$. Para el movimiento de oblicuidad pélvica (plano frontal) no se evidencia gran desplazamiento angular, presentando un promedio de movimiento de $15,6^{\circ}$ durante el ciclo del pedaleo. Para el movimiento de rotación pélvica (plano transversal), se encontró un promedio de movimiento $-2,2^{\circ}$ al 0% del ciclo del pedaleo, lo que indica que el movimiento inicia con rotación posterior de la pelvis, posteriormente (al 75%) el promedio de movimiento es de $3,5^{\circ}$ llevando la pelvis a rotación anterior. Se evidencia un movimiento pélvico mas pronunciado en la extremidad derecha probablemente asociado a la lateralidad de la persona (tabla 6 - figura 8, 9 y 10).

Tabla 6. Movimientos de la pelvis en los tres planos de movimiento.

Plano	SAGITAL				FRONTAL				TRANSVERSAL			
Movimiento	TILT				OBLICUIDAD				ROTACIÓN			
Porcentaje	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%
Mín.	0,5	-1	-7,7	-1,1	1,3	1,8	1,3	2,1	-8	-0,6	1,5	-1,8
Máx.	7,7	1,5	2	1,4	37	35,7	37,4	35,8	5,3	2,1	7,3	2,7
Media	2,7	0,4	-2,1	-0,1	16	15,7	15,6	15,7	-2	0,7	3,8	0,1
Desv. Est.	2,2	0,6	2,6	0,7	8,4	8,4	8,5	8,4	3,6	0,8	1,7	1,3

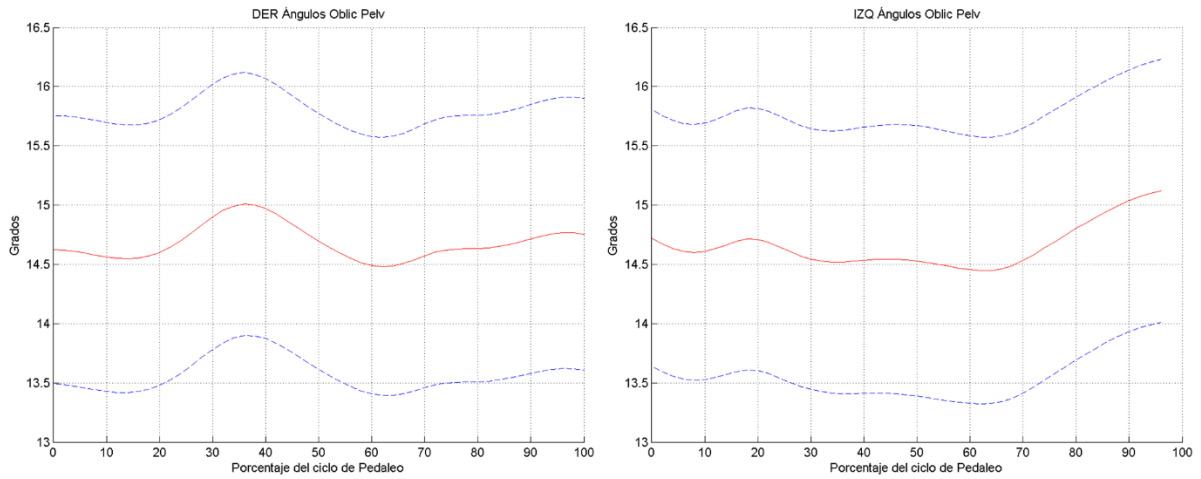
Movimiento en grados (°). TILT (tilt pélvico en plano sagital), OBLIC (oblicuidad pélvica en plano frontal), ROT (rotación pélvica en plano transversal). Mín. (mínimo), Máx. (máximo), Media (promedio), Desv. Est. (desviación estándar).

Ilustración 8. Movimientos de la pelvis en el plano sagital.



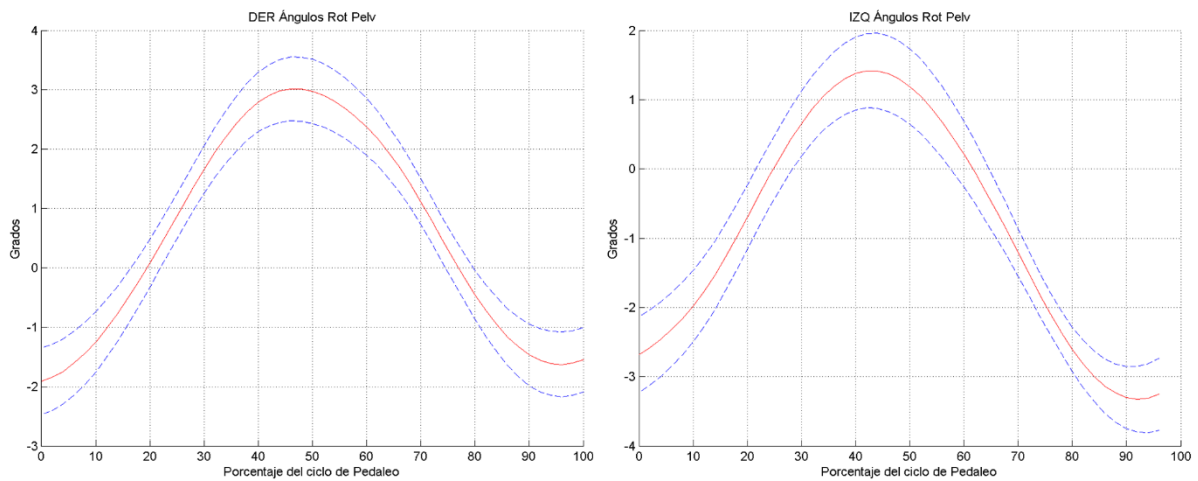
Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 9. Movimientos de la pelvis en el plano frontal.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 10. Movimientos de la pelvis en el plano transverso.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

CADERA

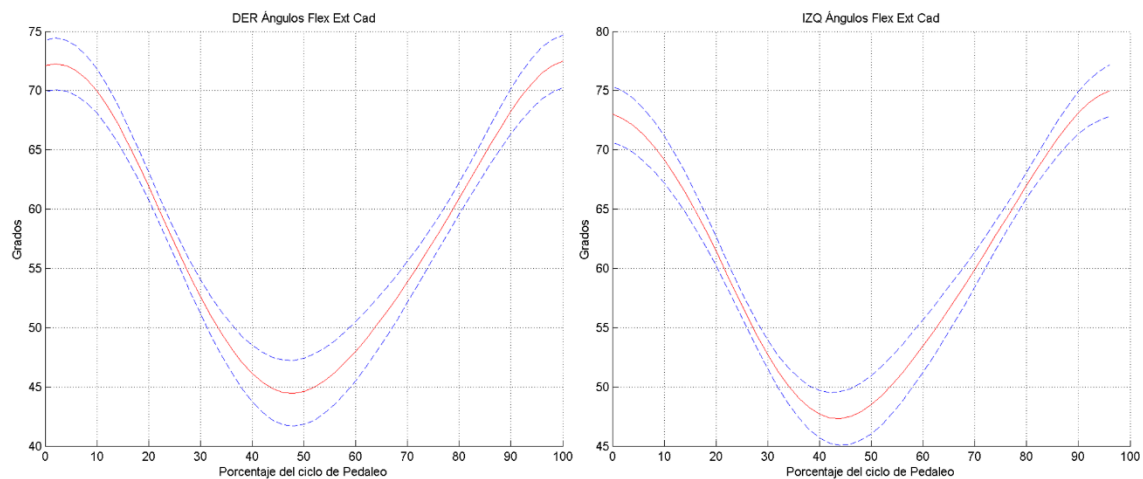
Para la cadera se evidencia en el plano sagital un movimiento que inicia (0%) desde la flexión con un promedio de movimiento de 74° y se alcanza el punto mínimo de flexión entre en 40% al 50% del ciclo con un promedio de 47°, para posteriormente continuar con el ciclo y retornar al ángulo inicial de movimiento. Para el plano frontal, parte de una aducción de la cadera de $-6^{\circ} \pm 6,7^{\circ}$ en promedio evidenciado al 0% del ciclo del pedaleo, posteriormente este ángulo aumenta hasta alcanzar un promedio de $-11^{\circ} \pm 5,8^{\circ}$ en el punto más bajo de la biela (50% del ciclo); sin evidenciar desplazamiento de la cadera hacia el movimiento de abducción. Para el plano transversal se evidencia un patrón de rotación lateral de la cadera que inicia con un promedio de 24° al 0% del ciclo del pedaleo (punto de mayor flexión de la cadera) y disminuye hasta llegar a un promedio de 15° al 50 % del ciclo del pedaleo (donde la cadera está en menor flexión) (tabla 7 – figura 11, 12 y 13).

Tabla 7. Movimientos de la cadera en los tres planos de movimiento.

Plano	SAGITAL				FRONTAL				TRANSVERSAL			
Movimiento	FL/EX				ABD/AD				ROT			
Porcentaje	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%
Mín.	40	43	20	41	-23	-25	-22	-22	-13	-9,5	-15	-5,5
Máx.	98	77	90	76	2,5	-1,6	-2,4	-0,8	71,8	68	67	78
Media	74	58	47	61	-6	-7,8	-11	-7,9	19,9	17	14,7	21
Desv. Est.	19	8	22	9,1	6,7	6	5,8	5,7	22,9	22	23,7	24

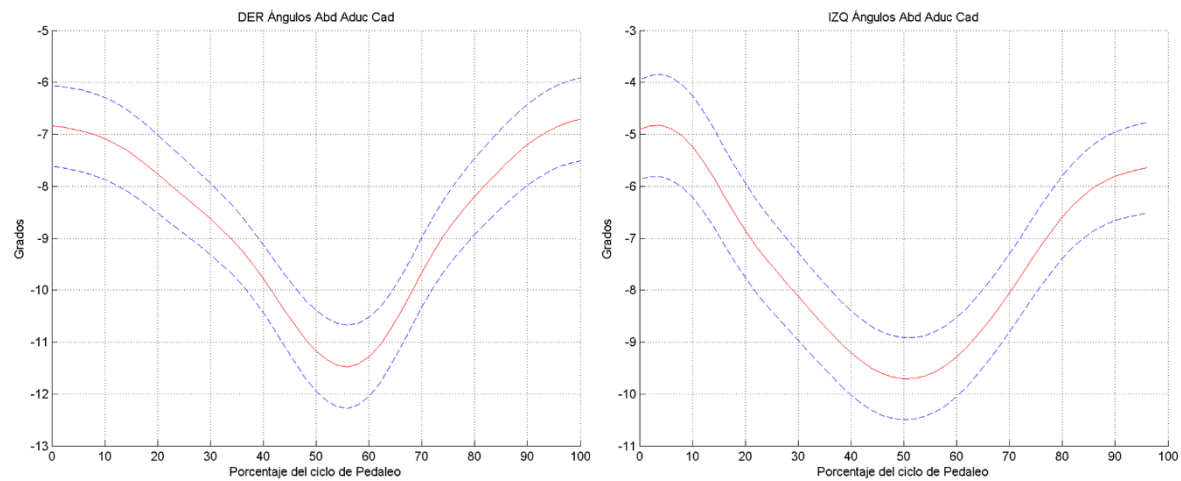
Movimiento en grados (°). Movimientos de la cadera: FL/EX (flexión/extensión en plano sagital), ABD/AD (abducción/aducción en plano frontal), ROT (rotación en plano transversal). Mín. (mínimo), Máx. (máximo), Media (promedio), Desv. Est. (desviación estándar).

Ilustración 11. Movimientos de la cadera en el plano sagital.



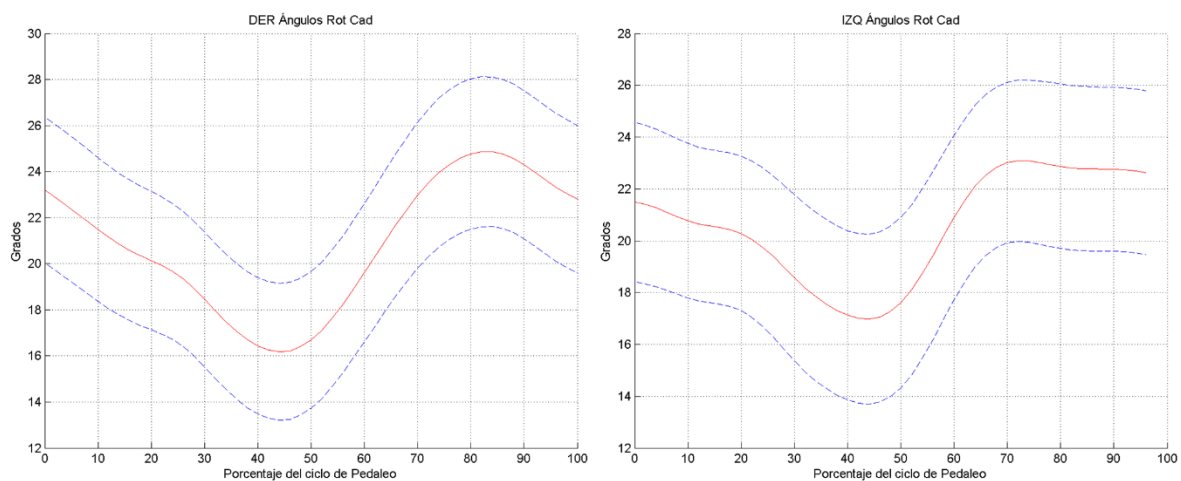
Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 12. Movimientos de la cadera en el plano frontal.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 13. Movimientos de la cadera en el plano transverso.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

RODILLA

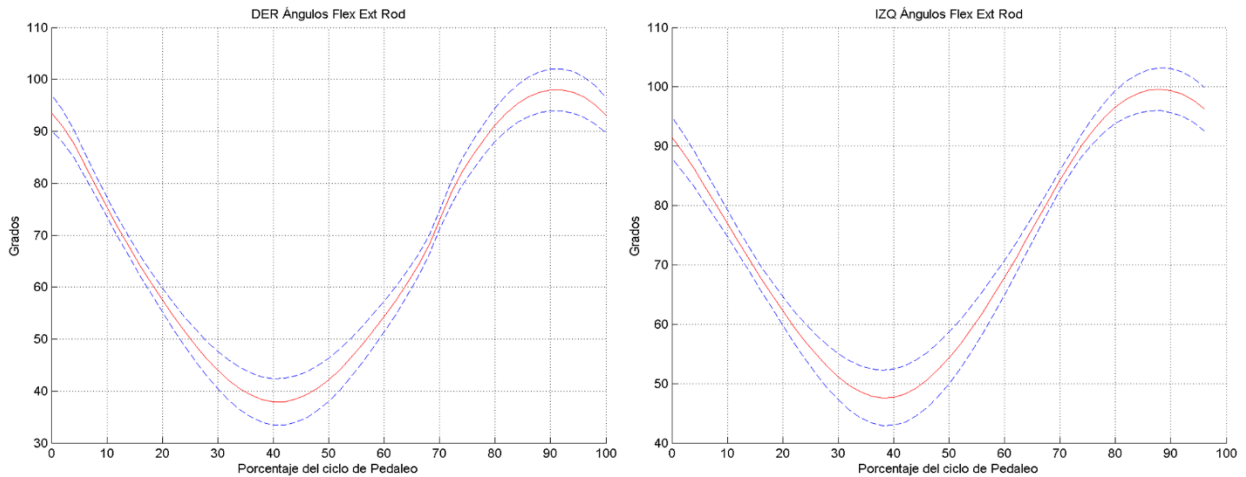
Para la rodilla se evidencia en el plano sagital un movimiento que inicia (0% del ciclo) desde la flexión máxima con un promedio de movimiento de 105° y se alcanza el punto mínimo de flexión al 40% del ciclo con un promedio de $31^\circ \pm 12,8^\circ$ pero con un mínimo de movimiento de 12° ; adicionalmente al 75% del ciclo de movimiento, la rodilla alcanza una flexión de $88^\circ \pm 16,4^\circ$ para llegar nuevamente al punto más alto de la biela. Para el plano frontal, la rodilla parte de un movimiento en varo (promedio de 24° al 0% del ciclo) para disminuir este grado hasta alcanzar un promedio de 14° al 50% con tendencia a medializar la rodilla cuando la biela está en el punto más bajo. Se evidencia la misma tendencia para el plano transverso, donde el movimiento parte con un arco de 24° de rotación lateral en el punto más alto de la rodilla al 0% del ciclo del pedaleo y disminuye progresivamente hasta llegar a un promedio de 15° al 50% del ciclo del pedaleo (donde la rodilla está en menor flexión) (tabla 8 – figura 14, 15 y 16).

Tabla 8. Movimientos de la rodilla en los tres planos de movimiento.

Plano	SAGITAL				FRONTAL				TRANSVERSAL			
Movimiento	FL/EX				VAR/VAL				ROT			
Porcentaje	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%
Mín.	90,2	21	12	52,6	7,4	3,8	2,6	7,6	7,6	2	3,3	6,6
Máx.	131	94	48	119	70	44	34	72	55	48	46	53
Media	105	52	31	88	24	18	14	25	24	14	15	24
Desv. Est.	11,9	21	12,8	16,4	19	13	11	19	14	12	11	15

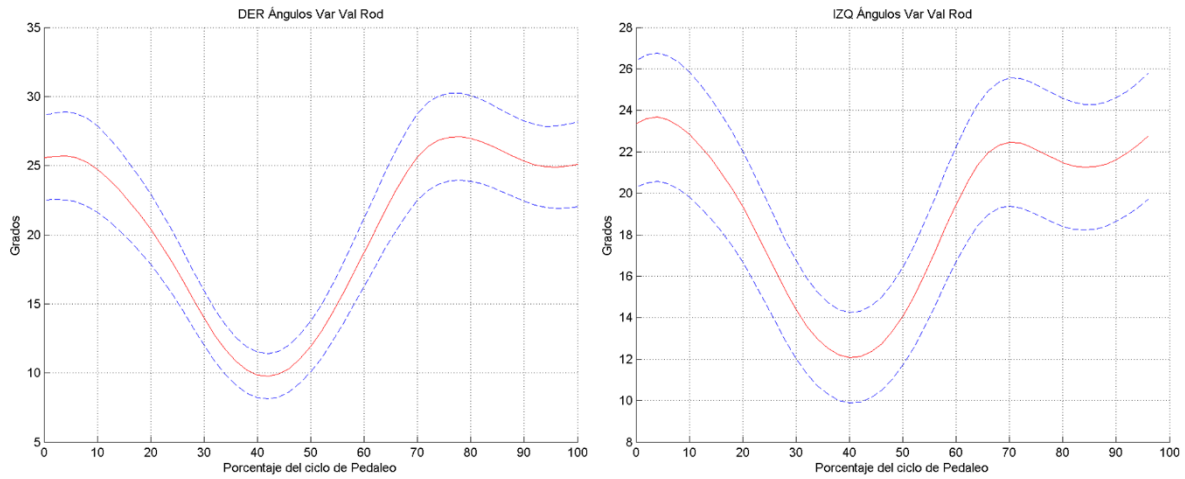
Movimiento en grados (°). Movimientos de la rodilla: FL/EX (flexión/extensión en plano sagital), VAR/VAL (Varo /valgo en plano frontal), ROT (rotación en plano transversal). Mín. (mínimo), Máx. (máximo), Media (promedio), Desv. Est. (desviación estándar).

Ilustración 14. Movimientos de la rodilla en el plano sagital.



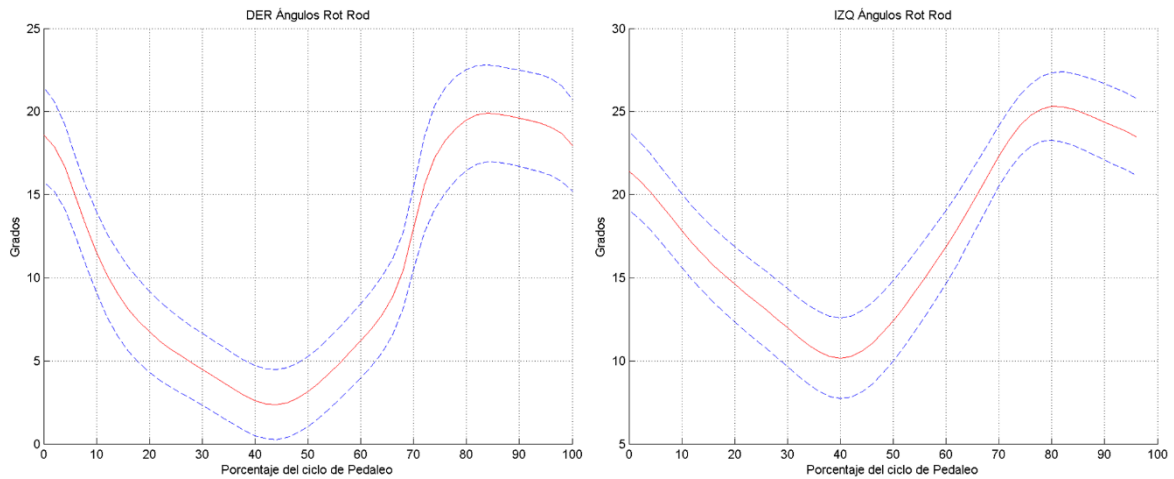
Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 15. Movimientos de la rodilla en el plano frontal.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 16. Movimientos de la rodilla en el plano transversal.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

TOBILLO/PIE

Para el tobillo/pie se evidencia en el plano sagital un movimiento que inicia desde la flexión dorsal con un promedio de movimiento de $8,4^{\circ} \pm 5,3^{\circ}$ (0% del ciclo del pedaleo), posteriormente mientras la biela está en su punto más bajo, el tobillo realiza flexión plantar con un promedio en el movimiento de $-8,1^{\circ} \pm 12^{\circ}$ al 50% del ciclo del movimiento. Para el plano frontal, se evidencia gran oscilación de movimiento durante todo el ciclo del pedaleo, presentando rangos de movimiento con tendencia a la desviación lateral del pie. Para el plano transversal, el movimiento parte con un arco promedio de $-0,7^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$ en el punto más alto de la rodilla al 0% del ciclo del pedaleo y disminuye progresivamente hasta llegar a un promedio de $6,5^{\circ}$ al 50 % del ciclo del pedaleo (donde la rodilla está en menor flexión) (tabla 9 – figura 17, 18 y 19).

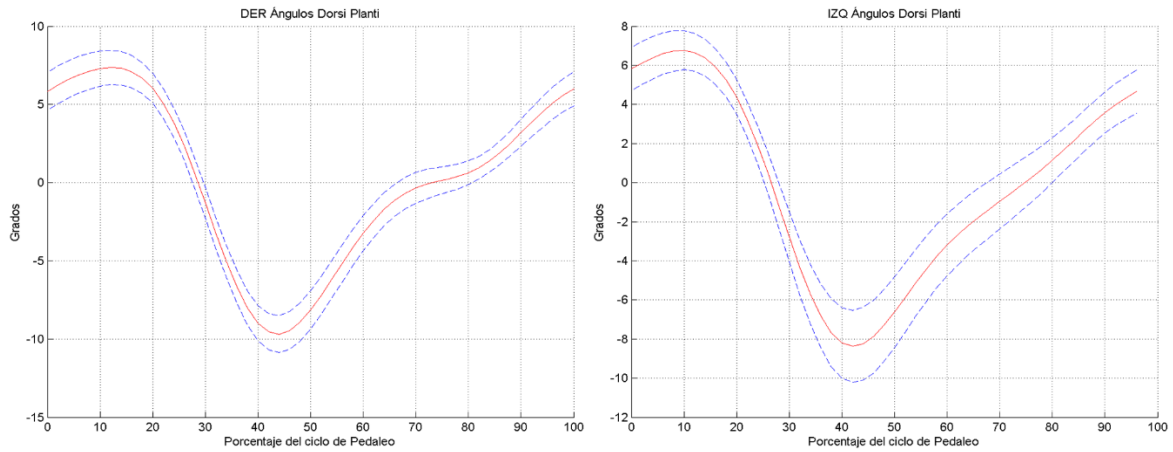
Tabla 9. Movimientos del tobillo en los tres planos de movimiento.

Plano	SAGITAL				FRONTAL				TRANSVERSAL			
Movimiento	D/P				ROT				PROG			
Porcentaje	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%	0%	25%	50%	75%
Mín.	0,6	0,6	-29	-14,8	-55	-48	-35	-48	-7,7	-14	-23	-14
Máx.	20	12	14	9,7	8,3	6,5	3,6	7,1	4	1,6	2,1	2,3
Media	8,4	6,2	-8,1	-0,5	-14	-20	-15	-17	-0,7	-4,8	-6,5	-3,3
Desv. Est.	5,3	3,4	12	8,3	15	16	14	14	3,2	3,9	6,6	4

Movimiento en grados ($^{\circ}$). Movimientos del tobillo: D/P (dorsiflexión/plantiflexión en plano sagital), ROT (rotación en plano frontal), PROG (progresión en plano transversal).

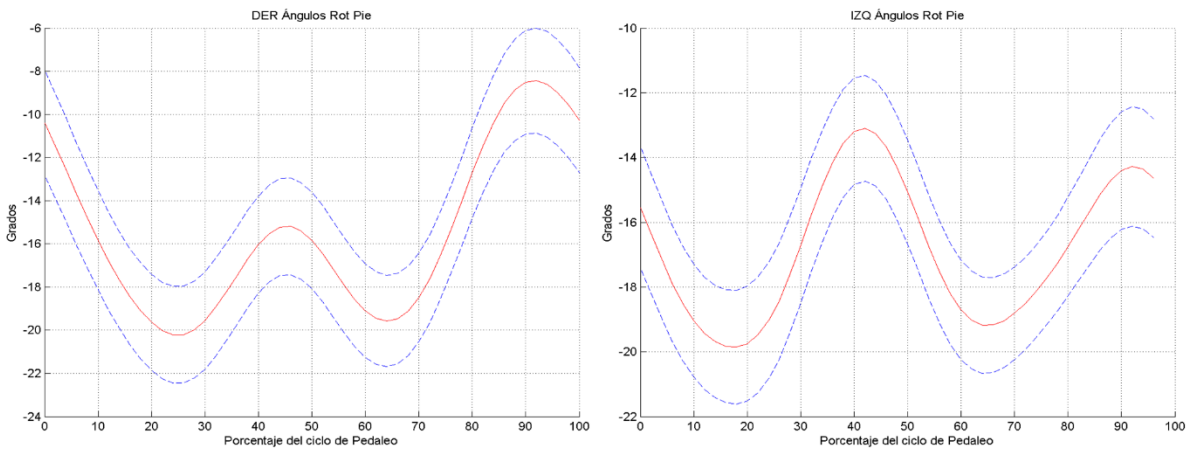
Mín. (mínimo), Máx. (máximo), Media (promedio), Desv. Est. (desviación estándar).

Ilustración 17. Movimientos del tobillo en el plano sagital.



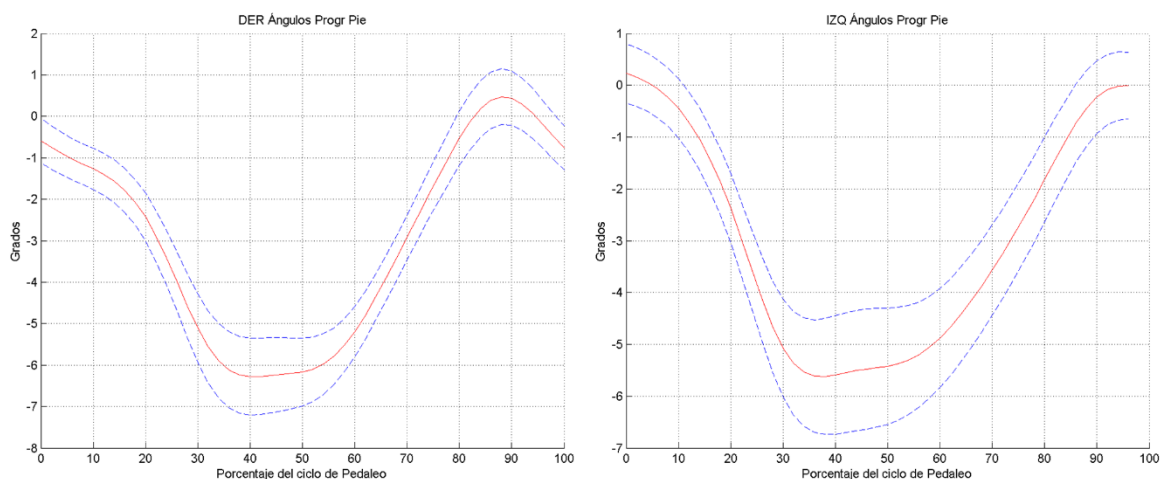
Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 18. Movimientos del tobillo en el plano frontal.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

Ilustración 19. Movimientos del tobillo en el plano transverso.



Eje Y (grados de movimiento). Eje X (porcentaje del ciclo de movimiento). Línea punteada color azul (límite superior y límite inferior). Línea color rojo (promedio).

8.4 RESULTADOS BIVARIADOS

Para las variables cuantitativas se verificó la distribución de los datos mediante la realización de análisis estadísticos a través de la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk debido al tamaño de la muestra encontrado los siguientes resultados:

Se encontró distribución no normal ($p < 0,05$) para las variables: retroceso del sillín, flexión/extensión rodilla izquierda al 75%, flexión/extensión rodilla izquierda al 0%, flexión/extensión rodilla derecha al 50%, flexión/extensión rodilla derecha al 0%, flexión/extensión rodilla izquierda al 50%, flexión/extensión cadera derecha al 50%, tilt pélvico izquierdo al 0%, altura del manillar, flexión/extensión cadera izquierda al 50%, tilt pélvico derecho al 50%, abducción/aducción cadera izquierda 25%, abducción/aducción cadera derecha 25%, flexión/extensión rodilla derecha al 75%, progresión tobillo derecha 75%, rotación pélvica izquierda al 50%, flexión/extensión cadera derecha al 0% (tabla 10).

Tabla 10. Variables con test de normalidad ($\alpha 0,05$). Distribución no normal.

PRUEBAS DE NORMALIDAD			
VARIABLE	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
RETROCESO	,548	15	,000
75% RI FL/EX	,749	15	,001
0% RI FL/EX	,765	15	,001
50% RD FL/EX	,767	15	,001
0% RD FL/EX	,807	15	,005
50% RI FL/EX	,809	15	,005
50% CD FL/EX	,811	15	,005
0% PI TILT	,813	15	,005
ALTURA M	,830	15	,009
50% CI FL/EX	,840	15	,013
50% PD TILT	,846	15	,015
25% CI ABD/AD	,854	15	,020
25% CD ABD/AD	,861	15	,025
75% RD FL/EX	,863	15	,026
75% TD PRG	,878	15	,044
50% PI OBL	,878	15	,045
0% CD FL/EX	,880	15	,048

Se encontró distribución normal ($p > 0,05$) para las variables: abducción/aducción cadera izquierda 0%, dorsiflexión/plantiflexión tobillo derecha 50%, flexión/extensión cadera izquierda al 0%, flexión/extensión rodilla derecha al 25%, oblicuidad pélvica izquierdo al 0%, oblicuidad pélvica derecha al 50%, progresión tobillo derecha 25%, rotación rodilla derecha 75%, tilt pélvico derecho al 0%, abducción/aducción cadera izquierda 75%, rotación pélvica derecha al 50%, rotación pélvica derecha al 0%, tilt pélvico izquierdo al 50%, abducción/aducción cadera izquierda 50%, altura del sillín, progresión tobillo derecha 50%, abducción/aducción cadera derecha 0%, rotación pélvica izquierda al 0%, distancia ASIS (espinas ilíacas anteriores superiores) al trocánter izquierdo, flexión/extensión rodilla izquierda al 25%, dorsiflexión/plantiflexión tobillo izquierda 0%, índice de masa corporal, talla, flexión/extensión cadera derecha al 75%, rotación tobillo izquierda 50%, dorsiflexión/plantiflexión tobillo izquierda 75%, ancho de tobillo derecho,

dorsiflexión/plantiflexión tobillo derecha 25%, rotación rodilla izquierda 50%,
abducción/aducción cadera derecha 50%, rotación tobillo izquierda 0%, rotación cadera
izquierda 0%, rotación cadera izquierda 25%, rotación rodilla izquierda 0%, progresión
tobillo izquierda 75%, rotación cadera izquierda 50%, ancho de tobillo izquierdo,
varo/valgo rodilla izquierda 0%, varo/valgo rodilla derecha 0%, rotación tobillo derecha
75%, rotación pélvica derecha al 25%, dorsiflexión/plantiflexión tobillo derecha 75%,
flexión/extensión cadera izquierda al 25%, edad, rotación rodilla izquierda 25%,
abducción/aducción cadera derecha 75%, varo/valgo rodilla izquierda 75%, tilt pélvico
derecho al 75%, rotación cadera derecha 50%, oblicuidad pélvica izquierdo al 0%, rotación
pélvica derecha al 75%, oblicuidad pélvica derecha al 0%, dorsiflexión/plantiflexión tobillo
derecha 0%, rotación cadera derecha 25%, tilt pélvico izquierdo al 75%, peso, rotación
pélvica izquierda al 25%, rotación cadera derecha 0%, longitud pierna derecha,
dorsiflexión/plantiflexión tobillo izquierda 50%, rotación tobillo derecha 0%, tilt pélvico
derecho al 25%, rotación tobillo derecha 25%, oblicuidad pélvica izquierdo al 0%, rotación
rodilla derecha 25%, ancho de rodilla derecha, distancia ASIS al trocánter derecho,
progresión tobillo izquierda 50%, oblicuidad pélvica derecha al 25%, varo/valgo rodilla
derecha 75%, oblicuidad pélvica izquierdo al 0%, rotación cadera derecha 75%, distancia
inter ASIS, rotación cadera izquierda 75%, tilt pélvico izquierdo al 25%,
dorsiflexión/plantiflexión tobillo izquierda 25%, oblicuidad pélvica derecha al 75%,
rotación pélvica izquierda al 75%, varo/valgo rodilla izquierda 25%, rotación tobillo
izquierda 25%, longitud pierna izquierda, progresión tobillo izquierda 0%, rotación tobillo
derecha 50%, varo/valgo rodilla derecha 50%, revoluciones por minuto, rotación tobillo
izquierda 75%, ancho de rodilla izquierda, varo/valgo rodilla izquierda 50%, progresión
tobillo derecha 0%, varo/valgo rodilla derecha 25%, flexión/extensión cadera izquierda al
75%, progresión tobillo izquierda 25%, rotación rodilla derecha 50%, rotación rodilla
derecha 0%, rotación rodilla izquierda 75%, flexión/extensión cadera derecha al 25% (tabla
11).

Tabla 11. Variables con test de normalidad ($\alpha=0,05$). Distribución normal.

PRUEBAS DE NORMALIDAD			
VARIABLE	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
0% CI ABD/AD	,889	15	,06
50% TD D/P	,892	15	,07
0% CI FL/EX	,894	15	,08
25% RD FL/EX	,895	15	,08
0% PI OBL	,896	15	,08
50% PD OBL	,899	15	,09
25% TD PRG	,900	15	,10
75% RD ROT	,901	15	,10
0% PD TILT	,903	15	,11
75% CI ABD/AD	,905	15	,11
50% PD ROT	,907	15	,12
0% PD ROT	,909	15	,13
50% PI TILT	,909	15	,13
50% CI ABD/AD	,909	15	,13
ALTURA S	,913	15	,15
50% TD PRG	,913	15	,15
0% CD ABD/AD	,914	15	,15
0% PI ROT	,915	15	,16
ASIS TR I	,917	15	,17
25% RI FL/EX	,919	15	,19
0% TI D/P	,921	15	,20
IMC N	,922	15	,21
TALLA	,923	15	,21
75% CD FL/EX	,923	15	,21
50% TI ROT	,925	15	,23
75% TI D/P	,926	15	,24
ANCH TD	,927	15	,25
25% TD D/P	,927	15	,25
50% RI ROT	,928	15	,26
50% CD ABD/AD	,929	15	,27
0% TI ROT	,934	15	,31
0% CI ROT	,934	15	,32
25% CI ROT	,935	15	,33

0% RI ROT	,937	15	,34
75% TI PRG	,937	15	,35
50% CI ROT	,939	15	,37
ANCH TI	,940	15	,38
0% RI VAR/VAL	,941	15	,39
0% RD VAR/VAL	,941	15	,39
75% TD ROT	,941	15	,39
25% PD ROT	,941	15	,40
75% TD D/P	,942	15	,41
25% CI FL/EX	,944	15	,43
EDAD	,946	15	,46
25% RI ROT	,946	15	,47
75% CD ABD/AD	,946	15	,47
75% RI VAR/VAL	,947	15	,48
75% PD TILT	,947	15	,48
50% CD ROT	,948	15	,50
50% PI OBL	,948	15	,50
75% PD ROT	,949	15	,50
0% PD OBL	,950	15	,53
0% TD D/P	,951	15	,54
25% CD ROT	,952	15	,55
75% PI TILT	,952	15	,56
PESO	,953	15	,57
25% PI ROT	,953	15	,58
0% CD ROT	,957	15	,65
LONG PD	,958	15	,66
50% TI D/P	,959	15	,67
0% TD ROT	,960	15	,68
25% PD TILT	,960	15	,70
25% TD ROT	,961	15	,70
25% PI OBL	,961	15	,71
25% RD ROT	,961	15	,71
ANCH RD	,962	15	,72
ASIS TR D	,962	15	,72
50% TI PRG	,963	15	,75
25% PD OBL	,964	15	,76
75% RD VAR/VAL	,964	15	,76
75% PI OBL	,964	15	,77

75% CD ROT	,965	15	,78
D. IASIS	,966	15	,79
75% CI ROT	,967	15	,82
25% PI TILT	,968	15	,82
25% TI D/P	,968	15	,83
75% PD OBL	,969	15	,85
75% PI ROT	,970	15	,85
25% RI VAR/VAL	,970	15	,85
25% TI ROT	,970	15	,85
LONG PI	,971	15	,88
0% TI PRG	,972	15	,89
50% TD ROT	,972	15	,89
50% RD VAR/VAL	,972	15	,89
RPM	,973	15	,89
75% TI ROT	,974	15	,91
ANCH RI	,975	15	,93
50% RI VAR/VAL	,976	15	,93
0% TD PRG	,977	15	,95
25% RD VAR/VAL	,977	15	,95
75% CI FL/EX	,978	15	,95
25% TI PRG	,979	15	,96
50% RD ROT	,980	15	,97
0% RD ROT	,982	15	,98
75% RI ROT	,982	15	,98
25% CD FL/EX	,992	15	1,00
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.			

Durante el análisis bivariado se encontró correlación entre la variable edad de los participantes y el tiempo que llevan realizando la práctica como instructores de ciclismo indoor ($p 0,034$). Sin embargo, no se estableció correlación estadística de la edad con el peso, la talla y el índice de masa corporal (tabla 12).

Tabla 12. Relación de la variable edad con el peso, la talla y el IMC.

VARIABLE	EDAD		
	Estadístico	Sig. (bilateral)	N

PESO	,491	,063	15
TALLA	,420	,119	15
IMC N	,469	,078	15
RPM	-,320	,245	15
TIEMPO	,550*	,034	15

La correlación es significativa en el nivel 0,05. Relación de la variable edad con el peso, la talla, IMC (índice de masa corporal), RPM (revoluciones por minuto) y tiempo (tiempo como instructor).

No se evidenció correlación con significancia estadística entre el tiempo de práctica de ciclismo indoor y los movimientos de la pelvis, para los movimientos de la cadera únicamente se encontró correlación con la rotación al 0% del ciclo del pedaleo (p 0,044), para los movimientos de la rodilla y el tobillo no estableció correlación estadísticamente significativa.

Se encontró correlación significativa entre el peso y el IMC con el movimiento de rotación pélvica al 0% del ciclo del pedaleo (p 0,002), adicionalmente se encontró correlación con el mismo movimiento al 75% del ciclo del pedaleo (p 0,028); se evidenció correlación del IMC con el movimiento de flexión/extensión de la cadera al 0% del ciclo del pedaleo (cadera derecha p 0,045 y cadera izquierda p 0,011), con el movimiento de abducción/aducción de cadera derecha al 0% (p 0,007), al 25% (p 0,011) y al 75% (p 0,037) del ciclo del pedaleo. Para los otros movimientos de las diferentes articulaciones no fue posible establecer significancia estadística.

Como se evidencia en la tabla 13, se encontró correlación estadísticamente significativa entre la altura del sillín y la longitud de las extremidades de los participantes (p<0,05). Adicionalmente se encontró correlación entre los puntos móviles de la bicicleta, específicamente las longitudes del sillín (altura y retroceso).

Tabla 13. Relación entre la variable altura del sillín y la variable retroceso del sillín.

ALTURA SILLÍN / RETROCESO SILLÍN		RETRO DEL SILLIN
Estadístico	ALTURA SILLIN	0,036
	N	15

Se encontró correlación estadísticamente significativa entre los ángulos relacionados con el plano sagital (movimientos de flexión) en las diferentes articulaciones (cadera, rodilla y tobillo), con una significancia estadística menor a 0,05. Esta correlación se evidenció ante las mediciones promedio del 0% del ciclo del pedaleo (inicio de la fase de presión, donde la biela de la bicicleta se encuentra en el punto más alto) y al 50% del ciclo del pedaleo (inicio de la fase de recobro, donde la biela de la bicicleta se encuentra en el punto más bajo), como se evidencia en la tabla 14.

Tabla 14. Relación entre los movimientos de la cadera (plano sagital) y los movimientos de pelvis, rodilla y tobillo en el mismo plano.

Correlación movimientos en plano sagital		Tilt Pélvico	Flex / Ext Rodilla	Dorsi/Planti Tobillo
Cadera. Movimiento de flex/ext al 0% de ciclo del pedaleo	Estadístico	0,262	,848**	0,19
	Sig. (bilateral)	0,346	0	0,497
Cadera. Movimiento de flex/ext al 50% de ciclo del pedaleo	Estadístico	,549*	,895**	,709**
	Sig. (bilateral)	0,034	0,0	0,003

La correlación es significativa en el nivel 0,05. Flex (flexión), Ext (extensión), dorsi (flexión dorsal), planti (flexión plantar).

No se evidenció correlación con significancia estadística, entre la altura del sillín y los diferentes movimientos de la rodilla realizados en los tres planos de movimiento. Sin embargo, se encontró correlación estadísticamente significativa para los movimientos de flexión de rodilla y rotación de rodilla al 0% del ciclo del pedaleo (p 0,001), y al 75% del ciclo del pedaleo (p 0,007). Adicionalmente se identificó correlación del movimiento de flexión/extensión de la rodilla al 50% del ciclo del pedaleo con los movimientos del plano frontal de la rodilla al 0% del ciclo (rodilla derecha p 0,002 – rodilla izquierda p 0,018).

En la tabla 15, se evidencia la correlación estadísticamente significativa entre los valores de RPM y los movimientos rotacionales de la pelvis, en especial al 25% del ciclo del pedaleo (pelvis derecha p 0,018 – pelvis izquierda p 0,034).

Tabla 15. Relación entre la variable RPM (revoluciones por minuto y los movimientos rotacionales de la pelvis (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

VARIABLE	RPM (Revoluciones Por Minuto)		
	Estadístico	Sig. (bilateral)	N
0% PD ROT	,207	,460	15
0% PI ROT	-,570*	,027	15
25% PD ROT	,599*	,018	15
25% PI ROT	-,549*	,034	15
50% PD ROT	,526*	,044	15
50% PI OBL	-,247	,374	15
75% PD ROT	,510	,052	15
75% PI ROT	-,693**	,004	15

Se analizó la correlación entre la longitud de las extremidades inferiores y las medidas de distancia inter-ASIS, distancia ASIS trocánter derecha y distancia ASIS trocánter izquierda, donde no se encontró correlación con significancia estadística (p > 0,05).

No fue posible encontrar correlación con significancia estadística entre la distancia de ambas espinas iliacas (distancia I. ASIS) con el movimiento de la pelvis de los diferentes planos corporales al 0% del ciclo del pedaleo. Sin embargo, si se evidenció significancia

estadística de la medida I. ASIS con los movimientos rotacionales de cadera para todos los porcentajes del ciclo de movimiento analizados (tabla 16).

Tabla 16. Relación entre la variable distancia inter-ASIS y los diferentes movimientos de la cadera en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

DISTANCIA INTER-ASIS EN LOS MOVIMIENTOS DE CADERA			
MOVIMIENTO	Estadístico	P	N
0% C ABD/AD	,071	,803	15
0% C FL/EX	,070	,804	
0% C ROT	-,575*	,025	
25% C ABD/AD	,183	,515	
25% C FL/EX	,118	,674	
25% C ROT	-,539*	,038	
50% C ABD/AD	,409	,130	
50% C FL/EX	,152	,589	
50% C ROT	-,499	,058	
75% C ABD/AD	,211	,451	
75% C FL/EX	,239	,392	
75% C ROT	-,605*	,017	

La correlación es significativa en el nivel 0,05

Al determinar la correlación entre la longitud de las extremidades inferiores y los movimientos de la pelvis, se encontró correlación con significancia estadística para las variables de rotación pélvica al 0% del ciclo del pedaleo de forma bilateral y en la oblicuidad pélvica al 50% del ciclo del pedaleo (tabla 17).

Tabla 17. Relación entre la variable longitud de la extremidad inferior (derecha e izquierda) con los movimientos de la pelvis en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

VARIABLE	Longitud de la pierna derecha		Longitud de la pierna izquierda	
	Estadístico	Sig. (bilateral)	Estadístico	Sig. (bilateral)
0% PD TILT	-,310	,261	-,320	,245
25% PD TILT	-,160	,569	-,188	,502
50% PD TILT	-,074	,794	-,055	,846
75% PD TILT	-,325	,238	-,354	,195
0% PI TILT	,116	,680	,098	,729
25% PI TILT	,254	,362	,292	,291
50% PI TILT	,303	,272	,312	,258
75% PI TILT	,139	,621	,161	,567
0% PD OBL	-,198	,478	-,215	,442
25% PD OBL	-,177	,528	-,195	,487
50% PD OBL	-,200	,474	-,213	,447
75% PD OBL	-,169	,546	-,187	,505
0% PI OBL	-,207	,459	-,219	,432
25% PI OBL	-,167	,551	-,184	,511
50% PI OBL	-,185	,509	-,202	,471
75% PI OBL	-,167	,553	-,183	,513
0% PD ROT	,565*	,028	,565*	,028
25% PD ROT	,098	,729	,101	,719
50% PD ROT	-,301	,275	-,299	,279
75% PD ROT	,391	,150	,397	,143
0% PI ROT	,283	,306	,281	,310
25% PI ROT	-,300	,277	-,307	,265
50% PI OBL	-,576*	,025	-,577*	,024
75% PI ROT	-,012	,965	-,015	,958

No se encontró relación con significancia estadística entre la talla de los participantes y los movimientos del tobillo/pie en los diferentes planos de movimiento y en los diferentes porcentajes de ciclo de pedaleo evaluados. Sin embargo, si fue posible encontrar relación estadística entre la longitud de las extremidades inferiores (derecha e izquierda) y el

movimiento Dorsiflexión/ plantiflexión del tobillo al 50% del ciclo del pedaleo, es decir, en el punto mas bajo de la biela de la bicicleta (tabla 18).

Tabla 18. Relación entre la variable longitud de la extremidad inferior (derecha e izquierda) con los movimientos del tobillo en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

Movimiento del tobillo	Longitud de la pierna derecha		Longitud de la pierna izquierda	
	Estadístico	Sig. (bilateral)	Estadístico	Sig. (bilateral)
0% T D/P	-,131	,642	-,138	,625
25% T D/P	,272	,327	,282	,308
50% T D/P	,583*	,023	,573*	,026
75% T D/P	,392	,148	,376	,167
0% T ROT	,020	,944	,040	,887
25% T ROT	,049	,862	,028	,920
50% T ROT	,053	,852	,023	,936
75% T ROT	,009	,976	,012	,965
0% T PRG	-,150	,594	-,135	,632
25% T PRG	,275	,321	,243	,384
50% T PRG	,180	,522	,140	,619
75% T PRG	-,196	,485	-,201	,473

Fue posible establecer correlación estadísticamente significativa entre el grosor de la rodilla y algunos movimientos de la rodilla en los diferentes planos corporales. Al 0% del ciclo de pedaleo en el movimiento de flexión/extensión para ambas rodillas. Al 25% del ciclo del pedaleo para la rodilla izquierda con el grosor de ambas rodillas. Al 50% del ciclo de pedaleo en el movimiento de flexión/extensión para ambas rodillas (tabla 19).

Tabla 19. Relación entre la variable ancho de rodilla (derecha e izquierda) con los movimientos de la rodilla (derecha e izquierda) en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

VARIABLE	Ancho rodilla derecha	Ancho rodilla izquierda

	Estadístico	Sig. (bilateral)	Estadístico	Sig. (bilateral)
0% RD FL/EX	-,523*	,046	-,542*	,037
0% RD ROT	-,190	,497	-,157	,577
0% RD VAR/VAL	-,168	,550	-,228	,413
0% RI FL/EX	-,540*	,038	-,550*	,034
0% RI ROT	-,345	,207	-,294	,288
0% RI VAR/VAL	,043	,879	,030	,914
25% RD FL/EX	,392	,148	,365	,181
25% RD ROT	-,058	,838	,027	,923
25% RD VAR/VAL	-,103	,715	-,126	,654
25% RI FL/EX	,681**	,005	,622*	,013
25% RI ROT	-,006	,984	,024	,932
25% RI VAR/VAL	,272	,327	,254	,361
50% RD FL/EX	,633*	,011	,617*	,014
50% RD ROT	,161	,567	,222	,427
50% RD VAR/VAL	,127	,651	,100	,724
50% RI FL/EX	,674**	,006	,643**	,010
50% RI ROT	,207	,459	,250	,370
50% RI VAR/VAL	,111	,693	,098	,729
75% RD FL/EX	-,142	,613	-,161	,568
75% RD ROT	,007	,982	,022	,938
75% RD VAR/VAL	-,148	,598	-,193	,490
75% RI FL/EX	-,489	,065	-,499	,058
75% RI ROT	-,314	,255	-,280	,311
75% RI VAR/VAL	,006	,983	-,003	,990

Se verificó la correlación entre el grosor de ambos tobillos y los diferentes movimientos del tobillo en sus respectivos planos, donde no fue posible establecer correlación estadísticamente significativa para ninguno de estos ($p > 0,05$).

Finalmente se determinó la correlación entre la distancia ASIS al trocánter de ambas extremidades con el movimiento de la pelvis y la cadera.

Para la pelvis se encontró correlación estadísticamente significativa en todos los porcentajes de ciclo del pedaleo analizados en el movimiento de oblicuidad para ambas extremidades como se especifica en la tabla 20.

Tabla 20. Relación entre la variable distancia ASIS trocánter (derecho e izquierdo) con los movimientos de la pelvis (derecha e izquierda) en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

VARIABLE	Distancia asis trocánter derecho		Distancia asis trocánter izquierdo	
	Estadístico	Sig. (bilateral)	Estadístico	Estadístico
0% PD TILT	-,005	,987	,006	,984
25% PD TILT	-,201	,473	-,203	,468
50% PD TILT	-,237	,396	-,185	,508
75% PD TILT	-,383	,158	-,439	,101
0% PI TILT	,250	,368	,194	,488
25% PI TILT	,327	,234	,374	,170
50% PI TILT	-,006	,983	-,015	,959
75% PI TILT	,095	,735	,095	,736
0% PD OBL	-,574*	,025	-,561*	,029
25% PD OBL	-,563*	,029	-,555*	,032
50% PD OBL	-,629*	,012	-,597*	,019
75% PD OBL	-,576*	,025	-,570*	,027
0% PI OBL	-,628*	,012	-,594*	,020
25% PI OBL	-,565*	,028	-,559*	,030
50% PI OBL	-,567*	,028	-,554*	,032
75% PI OBL	-,560*	,030	-,550*	,034
0% PD ROT	,375	,169	,284	,305
25% PD ROT	,492	,062	,460	,085
50% PD ROT	,204	,465	,249	,372
75% PD ROT	,588*	,021	,527*	,043
0% PI ROT	-,204	,467	-,249	,371
25% PI ROT	-,497	,059	-,457	,087
50% PI OBL	-,393	,148	-,299	,279
75% PI ROT	-,468	,078	-,443	,098

Para los movimientos de la cadera se encontró correlación estadísticamente significativa en el 25% y al 75% del ciclo del pedaleo para el movimiento de flexión/extensión de cadera en ambas extremidades. Adicionalmente se encontró correlación en todos los porcentajes del ciclo del pedaleo analizados en el movimiento de rotación de la cadera derecha. Para los otros movimientos no fue posible determinar correlación estadística, tal y como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Relación entre la variable distancia ASIS trocánter (derecho e izquierdo) con los movimientos de la cadera (derecha e izquierda) en los tres planos corporales (según el porcentaje del ciclo del pedaleo).

VARIABLE	Distancia asis trocánter derecho		Distancia asis trocánter izquierdo	
	Estadístico	Sig. (bilateral)	Estadístico	Sig. (bilateral)
0% CD FL/EX	-,149	,597	-,086	,759
25% CD FL/EX	-,650**	,009	-,607*	,016
50% CD FL/EX	-,393	,148	-,435	,105
75% CD FL/EX	-,683**	,005	-,678**	,005
0% CI FL/EX	-,207	,459	-,116	,681
25% CI FL/EX	-,599*	,018	-,550*	,034
50% CI FL/EX	-,430	,110	-,474	,074
75% CI FL/EX	-,645**	,009	-,642**	,010
0% CD ABD/AD	-,168	,549	-,132	,639
25% CD ABD/AD	-,249	,371	-,200	,474
50% CD ABD/AD	-,278	,317	-,187	,506
75% CD ABD/AD	-,244	,380	-,211	,450
0% CI ABD/AD	,168	,550	,184	,511

25% CI ABD/AD	,213	,447	,266	,338
50% CI ABD/AD	,123	,663	,159	,571
75% CI ABD/AD	,189	,500	,228	,414
0% CD ROT	,402	,138	,439	,101
25% CD ROT	,384	,157	,409	,130
50% CD ROT	,395	,145	,417	,122
75% CD ROT	,328	,233	,368	,178
0% CI ROT	,663**	,007	,645**	,009
25% CI ROT	,588*	,021	,569*	,027
50% CI ROT	,521*	,046	,511	,052
75% CI ROT	,565*	,028	,548*	,034

9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Ciclismo Indoor (CI) se define como una actividad física generalmente practicada de forma colectiva, realizada sobre una bicicleta estática al ritmo de la música, desarrollando un trabajo predominantemente cardiovascular de alta intensidad, con una intervención muy elevada de los grandes grupos musculares de los miembros inferiores (37).

El rendimiento en el ciclismo depende en gran medida de factores antropométricos, fisiológicos, y otros factores como lo son las características biomecánicas. En la última década son varios los estudios que se centran en el análisis de la posición en la bicicleta tanto desde el punto de vista de la cinética como de la cinemática de la pedalada (6). Debido a esto, el objetivo de la presente investigación fue determinar las características cinemáticas del gesto ciclístico del pedaleo en los instructores de ciclismo indoor con respecto a algunas variables sociodemográficas, antropométricas y técnicas.

En relación con las medidas antropométricas, los participantes presentaron un peso promedio de $74,75 \text{ Kg} \pm 14,82$, comparable con el estudio realizado por Lee (44) donde se evaluó un grupo de ciclistas de ruta con un promedio de peso de $74,7 \text{ kg} \pm 3,2$ y un grupo de ciclistas de montaña cuyo promedio de peso fue de $65,3 \text{ kg} \pm 6,5$. Esto se debe a que probablemente las exigencias físicas en cuanto a la carga y simulación de terrenos del ciclismo indoor son similares al ciclismo tipo ruta. Respecto al índice de masa corporal (IMC), se encontró en el estudio un promedio $25,17 \text{ kg}/\text{mts}^2$ con una desviación de $\pm 3,1$, semejante al estudio realizado en ciclistas de ruta por Del Vecchio (45) quien encontró un índice de masa corporal promedio en los ciclistas evaluado de $27,0 \text{ kg}/\text{mts}^2 \pm 2,1$. Respecto a la talla de los participantes, en mismo estudio reporto un promedio de $1,76 \text{ mts.} \pm 0,6$, comparable con el presente estudio que muestra una talla media de $1,71 \text{ mts.} \pm 0,01$.

Respecto a las variables técnicas, las que ganan más relevancia en los diferentes artículos publicados de ciclismo ruta y montaña son la altura del sillín y el retroceso del sillín, sin embargo, son pocos los datos disponibles en estudios de ciclismo indoor que especifique esta medida. Sin embargo, en la publicación realizada por Irigoyen (46) especifica un

promedio en la altura del sillín de 75,62 cm. \pm 2,46, contrario con los datos obtenidos en el presente estudio que arrojan un promedio 94,6 cm de altura del sillín \pm 6,4; esto a pesar de que los datos promedio en la talla de los participantes en ambos estudios fue equiparable (1,78 mts. vs 1,71 mts. respectivamente). Sin embargo, la publicación realizada por Ríos Zorrilla en relación con el entrenamiento sobre bicicletas estáticas (47), no reporta datos ideales para la ubicación de los puntos móviles de la bicicleta (altura y retroceso del sillín), y por el contrario reporta que altura del sillín está dada por una completa extensión de la pierna estando el sujeto sentado de forma correcta y cómoda sobre el sillín de la bicicleta.

A pesar de lo descrito anteriormente, no existe un parámetro dentro de la comunidad científica y deportiva con respecto a la configuración óptima de la posición en la bicicleta (38), siendo la altura del sillín el aspecto más controvertido en la adaptación de los puntos móviles de la bicicleta (39). Como se evidenció en los datos obtenidos en la presente investigación, no existe relación estadísticamente significativa entre la altura del sillín y el movimiento de flexión/extensión de la rodilla durante los cambios más relevantes del ciclo del pedaleo, en especial al inicio y en la mitad del ciclo; por el contrario se evidenció en otras investigaciones cambios importantes en el grado de flexión de la rodilla en el 50% del ciclo del pedaleo, atribuido a la inclinación lateral de la pelvis por la altura del sillín (40). Por otro lado, el método de ajuste de sillín más aceptado preserva una posición de este en el que el ángulo de flexión de rodilla se sitúe entre 25-35° en el punto muerto inferior de la fase de pedaleo con un margen de 10° (41), datos que van en contra de los encontrados donde el rango de movimiento oscila entre 11° a 48° con un promedio de movimiento de 30,7°.

En el ciclismo, la ergonomía tiene como objetivo principal aumentar la seguridad, el gusto y el bienestar de los ciclistas, es decir, procura adaptar la bicicleta a la estructura humana para que se alcance el mejor rendimiento en la pedalada (42). Como lo reporta la investigación relacionada con los aspectos determinantes en el posicionamiento sobre la bicicleta, el pedaleo no es un movimiento natural en la ergonomía del ser humano, y como resultado de ello, la menor irregularidad en la simetría física puede llevar a todo tipo de modificaciones corporales (43), esta información es ratificada con los resultados obtenidos,

donde se evidencia una relación importante con significancia estadística para los movimientos de flexión/extensión entre las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en relación con las características antropométricas y experiencia de la persona con la técnica del pedaleo.

No fue posible referenciar publicaciones recientes que reporten el tiempo de práctica de ciclismo indoor, ni las medidas antropométricas en relación con el grosor de la pierna y longitudes de esta. Tampoco fue posible identificar la preferencia en el uso de calzado especial en la práctica de ciclismo, sin embargo, en la revisión realizada por Castellote (9) reporta como la zapatilla de ciclismo en su superficie inferior posee un taco (cala), cuyo fin es facilitar la unión y la integración entre el pedal y el pie del deportista, de tal forma que el gesto del ciclista no posea pérdidas en su rendimiento; a pesar de lo anterior, en el presente estudio una pequeña fracción de los participantes realizan uso de esta indumentaria.

Respecto a las revoluciones por minuto (RPM), el presente estudio encontró un promedio de $51,53 \text{ rpm} \pm 5,65$, que es comparable con lo que dicho Muyor (48) quien investigó la respuesta de la frecuencia cardíaca y la percepción subjetiva del esfuerzo en principiantes durante la práctica de ciclismo indoor, reportando que los rangos de revoluciones por minuto en la simulación de montaña oscilan entre 60 rpm y 80 rpm, con una resistencia percibida entre alta-muy alta. Sin embargo, a pesar de lo reportado previamente, es claro como la modalidad de ciclismo indoor (C.I) esta direccionada no solo por las revoluciones por minuto durante la pedalada sino por la influencia musical de su práctica, tal y como lo reporta Téllez (49) en su revisión, quien dice que la música posee una vital importancia ya que se considera elemento dinamizador de las clases, que marca la cadencia de pedaleo, y por tanto, el nivel de intensidad de la sesión en cada momento.

Una de las limitaciones evidenciadas en el presente estudio, fue la poca disponibilidad de participantes del sexo femenino en la práctica de ciclismo indoor en la calidad de instructor, lo que limita la realización de análisis comparativos entre sexos con relación a las diferencias biomecánicas y antropométricas. Adicionalmente, por las dinámicas laborales de los instructores de ciclismo indoor se limitó ampliar el tamaño de la muestra, esto debido

a que la mayoría de las personas laboran en múltiples empresas y escenarios dificultado así tener un dato concreto del total de instructores de ciclismo indoor.

Finalmente, es claro como los movimientos realizados en el plano sagital (caracterizados por flexión /extensión), tienen una interacción armónica entre todas las articulaciones involucradas en este gesto, especialmente ante los movimientos máximos del pedal, es decir, cuando la biela se encuentra en el punto más alto (0% del ciclo del pedaleo) y cuando la biela está en el punto más bajo (50% del ciclo del pedaleo). Adicionalmente el movimiento de estas articulaciones, esta mediado por las longitudes de las extremidades inferiores teniendo particular importancia en el movimiento de la pelvis y el tobillo, contrario a lo que se pensaba inicialmente sobre las implicaciones sobre la articulación de la rodilla en los movimientos del plano sagital. Otras medidas antropométricas, como el grosor de las grandes superficies óseas, donde se destaca el grosor de la rodilla y la distancia entre las espinas iliacas, parecen tener implicaciones sobre el movimiento angular de complejos articulares importantes en el pedaleo como lo es la pelvis y la rodilla.

No fue posible tener información de referencia que de razón de los movimientos angulares de las diferentes articulaciones implicadas en la extremidad inferior según los planos corporales o según el porcentaje del ciclo de pedaleo, ni mucho menos tener parámetros de normalidad que especifiquen un rango de movimiento esperado durante la práctica de ciclismo indoor u otra modalidad ciclística. Por lo anterior es imperativo, continuar desarrollando estudios relacionados con la biomecánica del movimiento del ciclismo y en especial lo relacionado con el movimiento angular de la extremidad.

10 CONCLUSIONES

El objetivo general de la investigación fue logrado debido a que se determinaron las características cinemáticas del gesto de pedaleo en un grupo de instructores de ciclismo indoor, incluyendo el análisis de factores complementarios a la técnica como lo son las características antropométricas, los aspectos técnicos de la práctica del ciclismo y la ubicación de los puntos móviles de la bicicleta.

Dentro de las variables sociodemográficas y técnicas, es posible concluir como los instructores de ciclismo indoor son de preferencia del sexo masculino cuya edad promedio se acerca a la tercera década de la vida. Adicionalmente es claro que tanto los participantes como los instructores de ciclismo indoor, no tiene parámetros exactos para adaptar los puntos móviles de la bicicleta, donde generalmente son ubicados según la percepción de comodidad del participante. El uso de calzado especial para el ciclismo no parece ser un factor determinante para los instructores de ciclismo bajo techo.

En cuanto a las variables antropométricas, sorprende como la mayoría de los participantes presentaron un IMC que supera los límites normales. Adicionalmente, las longitudes y grosores de las extremidades inferiores fueron tomadas inicialmente por requerimiento técnico del software, sin embargo, es evidente que son factores determinantes en la cinemática corporal, particularmente en la osteocinemática del movimiento del miembro inferior en el ciclismo.

Con relación a las variables cinemáticas, se pudo identificar los valores angulares de los participantes de la prueba, para obtener finalmente rangos de normalidad del movimiento, que permitan ser un punto de referencia para los instructores de ciclismo indoor y dar la pauta a los participantes de esta modalidad. Adicionalmente, queda claro, como un valor técnico como lo es la cadencia del pedaleo tiene grandes implicaciones sobre la intensidad de la práctica del ciclismo indoor, el cual fue medido en el presente estudio en revoluciones por minuto, pero en la práctica común es medido según la velocidad de la música (bpm o

beat por minuto); este factor podría ser determinante en la mecánica corporal de participante.

Desde el punto de vista técnico, se puede concluir como la implementación de un sistema de análisis de movimiento basado en reconstrucción 3D con captura en alta velocidad, arroja datos cuantitativos más confiables y da más fiabilidad a los resultados y análisis derivados.

A la vista de los resultados obtenidos se podrían determinar los parámetros relacionados con la adaptación de la bicicleta de ciclismo indoor de una forma óptima y segura, buscando mantener las condiciones biomecánicas del movimiento de las extremidades inferiores basados en los ángulos de normalidad encontrados en el estudio. Los datos obtenidos en la presente investigación podrán ser la base para plantear futuras investigaciones donde se determine la relación entre las características cinéticas y cinemáticas del gesto del pedaleo en la bicicleta bajo techo o en otras modalidades ciclísticas, facilitando que los participantes aumenten su rendimiento a través de la optimización del movimiento y la consecución de mejores adaptaciones para la salud

11 RECOMENDACIONES

Según lo expresado anteriormente, es evidente la importancia de determinar las características biomecánicas del gesto del pedaleo en los practicantes del ciclismo indoor, especialmente aquellas relacionadas con la cinemática y la geometría del movimiento de las extremidades inferiores, buscando la optimización del rendimiento técnico deportivo y la prevención de lesiones derivadas de la práctica. Para los análisis, es determinante la utilización de tecnología de última generación que permita obtener datos con mayor fiabilidad y precisión, con el objetivo de generar recomendaciones técnicas contundentes para los participantes; sin embargo, el acceso a este tipo de tecnología es limitado por la disponibilidad de equipos y costos de estos, y la implementación de las técnicas biomecánicas requieren de gran pericia por parte del evaluador.

Los instructores de ciclismo indoor, indudablemente son la base para la realización del análisis y obtención de datos biomecánicos asociados a la práctica deportiva, esto debido a la experticia en la técnica y el conocimiento previo adquirido. Será necesario inculcar la enseñanza del ciclismo indoor no solo desde la técnica del movimiento en la bicicleta sino también de aquellos parámetros determinantes de la misma, como lo son las adaptaciones de los puntos móviles a la bicicleta y su relación con las características antropométricas y/o funcionales del participante.

12 REFERENCIAS

- (1) Fernández Gabarda R, Sanguesa Nebot M, Cabanes Soriano F. Rhabdomyolysis after a spinning session. revista española de cirugía osteoarticular [Internet], 2007. [cited 12 November 2015];42(231):133 - 137. Available from: http://www.cirugia-ostearticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/100_133.pdf
- (2) Cuenu Grueso L. Ciclismo bajo techo o spinning®: impacto social y biomédico en Santiago de Cali (Colombia). Universidad del Valle [Internet], 2013. [cited 12 November 2015]; Available from: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4361/1/CB-0472607.pdf>
- (3) Heredia, R. Ciclo Indoor para la salud. Prevención de problemas y lesiones [Internet], 2015. [cited 12 November 2015]. Available from: <http://www.efdeportes.com/efd79/indoor.htm>
- (4) Ríos Zorrilla M. Análisis, desarrollo y evaluación de un plan de entrenamiento sobre bicicletas estáticas ESBE [Internet]. Sedici.unlp.edu.ar, 2013. [cited 12 November 2015]. Available from: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/31714>
- (5) Barreiro, J. and Postolache, O. WSN and M2M for cycling performance assessment, 2014. Proceedings of the 8th International Conference on Sensing Technology, pp.2-4.
- (6) Yanci Irigoyen, J. Análisis cinemático y diferencias bilaterales en la técnica de pedaleo de ciclistas profesionales/Kinematic analysis and bilateral differences in pedaling technique of professional cyclists, 2015. PensarMov, 13(2).
- (7) García López J, Rodríguez Marroyo J, Gerardo Villa J. Análisis del pedaleo ciclista con sistemas convencionales VS no circulares en pruebas submáximas y supramáximas. BarcelonaUPC [Internet], 2008. [cited 13 November 2015];14(2). Available from: <http://hdl.handle.net/2099/6611>
- (8) Fonda B, Sarabon N. Biomechanics of Cycling. Sport Science Review. 2010; XIX (1-2).
- (9) Castellote Olivito J. Biomecánica de la extremidad inferior en el ciclista. Archivos de Medicina del Deporte [Internet]. 2002, 3(11):233 - 238. Available from: http://femede.es/documentos/Biomec_ciclismo_233_11.pdf

- (10) Sousa da Silva R, Oliveira H. Prevenção de lesões no ciclismo indoor- uma proposta metodológica. Rev Bras Ciên e Mov [Internet]. 2002. [cited 12 November 2015];10(4):7 - 18. Available from:
http://www.academiapique.com.br/arquivos/diversos/artigoNyskleiprevencao_de_lesoes_no_ciclismo_indoor-_uma_proposta.PDF
- (11) Lozano, E. Colombia tiene cerca del 1 % de gimnasios del mundo. 2015,- Sectores - El Tiempo. [online] El Tiempo. Available at:
<http://www.eltiempo.com/economia/sectores/crecimiento-de-los-gimnasios-en-colombia/16125076> [Accessed 6 Feb. 2016].
- (12) Cerro Rodríguez B. Influencia de la biomecánica en lesiones de rodilla del ciclista [Internet]. Uvadoc.uva.es. 2014, [cited 12 November 2015]. Available from:
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/5771>
- (13) Empresascolombia.com.co. GIMNASIOS EN MEDELLIN. [online] Available at:
<http://www.empresascolombia.com.co/GIMNASIOS-EN-MEDELLIN.htm> [Accessed 6 Feb. 2016].
- (14) Rodríguez J, Cristobal R, Cárceles F, Miñarro P. Percepción subjetiva del esfuerzo como herramienta en el control de la intensidad en la actividad de ciclismo indoor (Spinning®). Revista de psicología del deporte [Internet]. 2015 [cited 12 November 2015];24(1):45-52. Available from:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4975227>
- (15) Rodríguez Manchola E, Correa Bautista J, Corredor López D, Avendaño Valencia A, Henao Vásquez M, Universidad del Rosario E. Ciclismo saludable bajo techo (Health indoor cycling). Universidad del Rosario [Internet]. 2007 [cited 12 November 2015]; Available from: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/3795>
- (16) Muñoz López A. El Tao del ciclismo indoor. Alicante: Editorial Club Universitario; 2009.
- (17) Barbado Villalba C, Gil D. Manual del ciclo indoor avanzado. Barcelona, España: Paidotribo; 2007.
- (18) López M, Gallardo P. La práctica del ciclismo indoor en los mayores. Implicaciones metodológicas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del

- Deporte [Internet]. 2007 [cited 13 November 2015] ;(26):5. Available from:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2380005>
- (19) Leite W. Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos. Lecturas: Educación física y deportes [Internet]. 2012 [cited 13 November 2015];(170):1-9. Available from: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4741932>
- (20) Özkaya E, Pakdemirli M. Non-linear vibrations of a beam–mass system with both ends clamped. Elsevier. 1999;221(3).
- (21) Nordin M, Frankel V. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
- (22) Ramon Suarez G. Biomecánica deportiva y control del entrenamiento. Medellín: Universidad de Antioquia, Instituto de Educación Física y Deportes; 2009.
- (23) Aguado Jódar, X. Eficacia y técnica deportiva: análisis del movimiento humano. INDE, 1993.
- (24) Aguado Jódar, X. Biomecánica del Movimiento. tipos de movimiento. 1st ed. [ebook] España: Facultad de Ciencias del Deporte. 2016, Universidad de Castilla la Mancha. Available at:
<https://www.uclm.es/profesorado/xaguado/ASIGNATURAS/BMD/4-Apuntes/Clase2%BA-06.pdf> [Accessed 6 Dec. 2015].
- (25) Hibbeler R. Mecánica vectorial para ingenieros. México: Pearson Educación; 2004.
- (26) Kirtley C. Clinical gait analysis. Edinburgh: Elsevier; 2006.
- (27) Díaz, C. A; Torres, A; Ramírez, J. I; García, L. F. Descripción de un dispositivo destinado al análisis de la marcha en dos dimensiones. Revista EIA. 2006;85-92.
- (28) Li Z, Latash M, Zatsiorsky V. Force sharing among fingers as a model of the redundancy problem. Experimental Brain Research. 1998;119(3):276-286.
- (29) Biomecánica clínica del aparato locomotor. Introducción a la biomecánica. Instituto de Biomecánica de Valencia. 2013.
- (30) Biomecánica clínica del aparato locomotor. Conceptos básicos de mecánica. Instituto de Biomecánica de Valencia. 2013.

- (31) Plug-in-Gait Marker Placement [Internet]. McGill University. Recuperado a partir de: <http://www.idmil.org/mocap/Plug-in-Gait+Marker+Placement.pdf>
- (32) Acero J, Palomino A. Modelo de evaluación y control biomecánico integral (biomin-patín) en el entrenamiento de los patinadores de carreras. Lecture presented at; 2009; EXPOMOTRICIDAD 2009: VII Seminario Internacional de Entrenamiento Deportivo.
- (33) Ruby P, Hull M, Kirby K, Jenkins D. The effect of lower-limb anatomy on knee loads during seated cycling. *Journal of Biomechanics*. 1992;25(10):1195-1207.
- (34) Cockcroft, S. J. An evaluation of inertial motion capture technology for use in the analysis and optimization of road cycling kinematics. 2011. (Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch).
- (35) Michelucci Machado, J. Percepção subjetiva de esforço como controle de carga em aulas de ciclismo indoor. *Brazilian Journal of Sports and Exercise Research*, 2010, 1(1):42-- 47.
- (36) Beceiro, J; Miralles, I; Marsal, X; Miralles, R. *Biomecánica*, 14 (2), 2006, pp. 40-44. Medición del ángulo Q mediante goniometría convencional y video fotogrametría en 3D.
- (37) Barbado, C. Cuantificación de la intensidad del entrenamiento en el ciclismo indoor. 2013, tesis doctoral. Madrid: Universidad Europea.
- (38) Burke, E. R. Body positioning for cycling. in Burke ER. *High-tech cycling*. 2003.
- (39) Peveler, W. Effects of saddle height on economy in cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008, 22(4), 1355-1359. doi: 10.1519/JSC.0b013e318173dac6
- (40) Farrell KC, Reisinger KD, Tillman MD. Force and repetition in cycling: possible implications for iliotibial band friction syndrome. *Knee*. 2003 Mar;10(1):103-9.
- (41) Vallés, J. M. Nuevo método de ajuste del tren inferior del ciclista basado en el ángulo óptimo de extensión de rodilla. 2017. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- (42) Pequini, M. P. A evolução tecnológica da bicicleta e suas implicações ergonômicas para a máquina humana: problemas da coluna vertebral x bicicletas dos tipos Speed e Mountain Bike. 2000, Universidade de São Paulo.

- (43) Martins, E. A.; Dagnese, F.; Kleinpaul, J. F.; Carpes, F. P.; Mota, C. B. Avaliação do posicionamento corporal no ciclismo competitivo y recreacional. 2007. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, Florianópolis, v. 9, n. 2, p.183 - 188.
- (44) Lee, H. y col. Características Fisiológicas de Ciclistas Profesionales de Mountain Bike y de Ruta Exitosos. 2014. Department of Physiology, Australian Institute of Sport, Belcomen, ACT. Artículo publicado en el journal PubliCE.
- (45) Del Vecchio, L. Stanton, R. Macgregor, C. Características de la Fuerza y la Potencia Muscular de las Extremidades Inferiores de Ciclistas de ruta de Nivel Master y de Adultos Sedentarios de Edad Similar. 2015. School of Medical and Applied Sciences, Central Queensland University, Rockhampton, Australia. Artículo publicado en el journal PubliCE.
- (46) Irigoyen, J. Análisis cinemático y diferencias bilaterales en la técnica de pedaleo de ciclistas profesionales. 2015. Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud, ISSN-e 1659-4436, ISSN 1409-0724, Vol. 13, N.º 2, 1 págs.
- (47) Ríos Zorrilla, M. análisis, desarrollo y evaluación de un plan de entrenamiento sobre bicicletas estáticas “E.S.B.E.”. 2013. Universidad nacional de La Plata.
- (48) Muyor, J.M. respuesta de la frecuencia cardiaca y percepción subjetiva del esfuerzo en principiantes, durante la práctica de ciclismo indoor. 2009. Motricidad. European Journal of Human Movement. 23, 49-57
- (49) Téllez, R. Evolución de las clases colectivas con base musical: el ciclo indoor o “spinning”. 2015. Universidad de León.
https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/5665/1T%C3%89LLEZ_GONZ%C3%81LEZ_ROBERTO_DICIEMBRE_2015%20%281%29.pdf?sequence=1

13 ANEXOS

13.1 ANEXO 1. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

INFORMACION GENERAL

FECHA EVALUACIÓN:	Día		Mes		Año	
NOMBRE:						
NUMERO IDENTIFICACIÓN:				Tipo	CC	
EDAD	Años					
SEXO	Hombre				Mujer	
FECHA DE NACIMIENTO	Día		Mes		Año	
TELÉFONO/CELULAR						
EMAIL						

INFORMACION TECNICA

TIEMPO COMO INSTRUCTOR DE CICLISMO INDOOR			Años	
CALZADO ESPECIAL DE CICLISMO	SI		NO	
ALTURA DE SILLÍN			Centímetros	
ALTURA MANILLAR			Centímetros	
RETROSESO SILLÍN			Centímetros	

INFORMACIÓN ANTROPOMÉTRICA

MEDICIONES BÁSICAS							
PESO				Kilogramos			
TALLA				Metros			
IMC				Kg/mts ²			
INTERPRETACIÓN IMC	BP		N		SP		O
PIERNA DOMINANTE	Derecha				Izquierda		

BP (bajo peso) – N (normal) – SP (sobrepeso) – O (obesidad). OMS 2004.

MEDIDAS ESPECIFICAS

TIPO DE MEDIDA	DERECHO (mm)	IZQUIERDO (mm)
DISTANCIA INTERASIS		
LONGITUD PIERNA		
ANCHO RODILLA		
ANCHO TOBILLO		
DESPLAZAMIENTO HOMBRO		
ANCHO CODO		
ANCHO MUÑECA		
GROSOR MANO		
ASIS TROCÁNTER		

Los datos cinemáticos son arrojados por el sistema VICON y son extraídos en el formato propio del software.

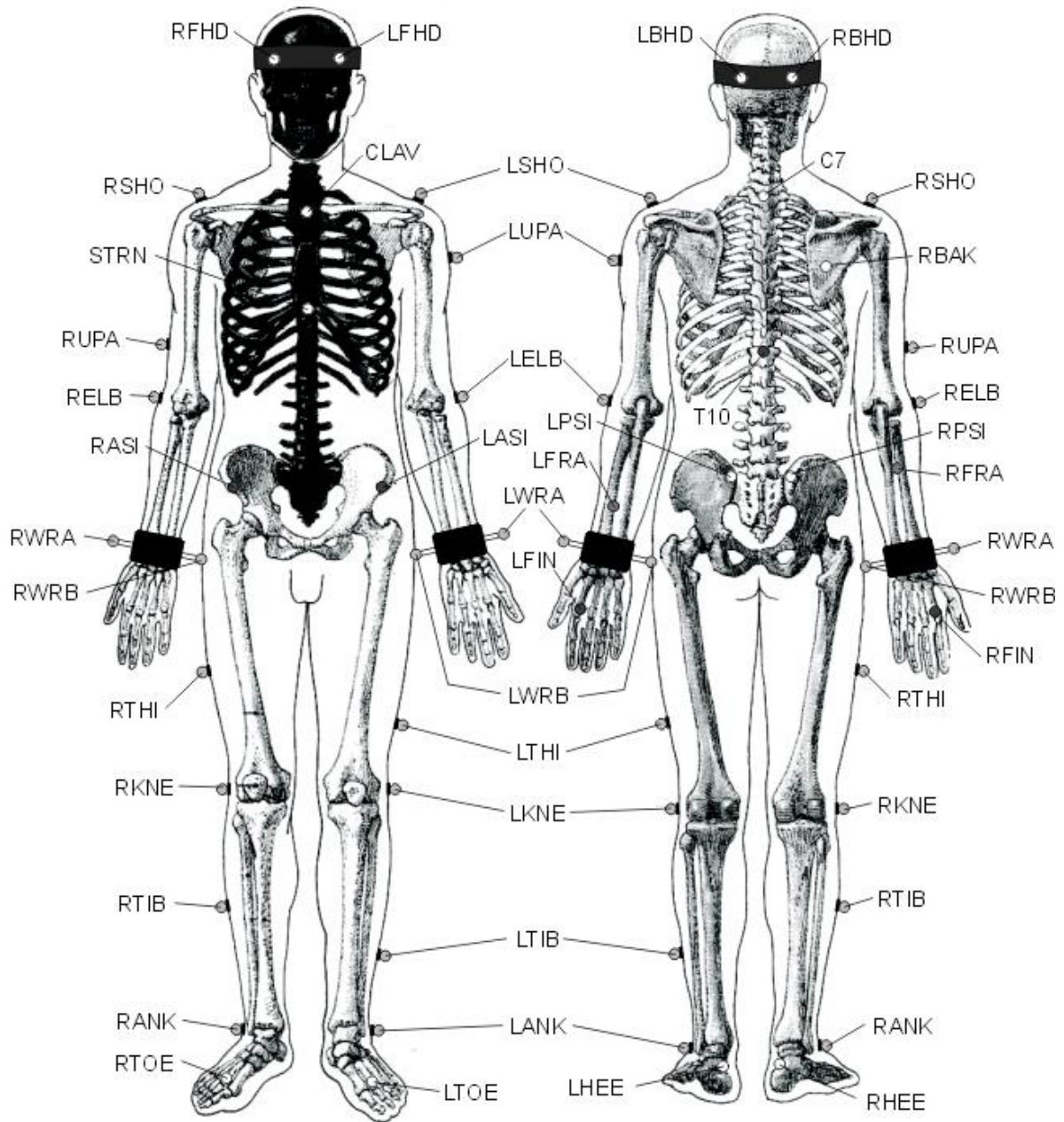
OBSERVACIONES

PROFESIONAL EVALUADOR	Felipe Monsalve Vélez
CARGO	Fisioterapeuta
REGISTRO	5769211
EMAIL	fmonsalvev@ces.edu.co
TELÉFONO DE CONTACTO	3113139020

13.2 ANEXO 2. INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE MARCADORES

CHECK LIST		
#	MARCADOR	VERIFICACIÓN
1	MARCADORES EN CABEZA (4)	
2	C7	
3	VERTEBRA T10	
4	ESTERNÓN (MANUBRIO)	
5	ESTERNÓN (APÓFISIS XIFOIDES)	
6	HOMBRO DERECHO (ACROMION)	
7	HOMBRO IZQUIERDO (ACROMION)	
8	CODO DERECHO (OLECRANON)	
9	CODO IZQUIERDO (OLECRANON)	
10	MUÑECA DERECHA (RADIO)	
11	MUÑECA IZQUIERDA (RADIO)	
12	MUÑECA DERECHA (ULNA)	
13	MUÑECA IZQUIERDA (ULNA)	
14	DEDO MEDIO MANO DERECHA	
15	DEDO MEDIO MANO IZQUIERDA	
16	ESCAPULA (ÁNGULO INFERIOR)	
17	CRESTA ILIACA ANTEROSUPERIOR DERECHA	
18	CRESTA ILIACA ANTEROSUPERIOR IZQUIERDA	
19	MUSLO DERECHO (ZONA MEDIA)	
20	MUSLO IZQUIERDO (ZONA MEDIA)	
21	CRESTA ILIACA POSTEROSUPERIOR DERECHA	
22	CRESTA ILIACA POSTEROSUPERIOR IZQUIERDA	
23	RODILLA DERECHA (LÍNEA ARTICULAR)	
24	RODILLA IZQUIERDA (LÍNEA ARTICULAR)	
25	PIERNA DERECHA (ZONA MEDIA)	
26	PIERNA DERECHA (ZONA MEDIA)	
27	TOBILLO DERECHO (MALÉOLO EXTERNO)	
28	TOBILLO IZQUIERDO (MALÉOLO EXTERNO)	
29	TALÓN DERECHO	
30	TALÓN IZQUIERDO	
31	DEDO MEDIO PIE DERECHO	
32	DEDO MEDIO PIE IZQUIERDO	

13.3 ANEXO 3. IMAGEN DE REFERENCIA DE MARCADORES



13.4 ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN CUERPO- MOVIMIENTO

MAESTRIA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA COHORTE VIII.

Título: Características cinemáticas en extremidades inferiores del gesto ciclístico en instructores de ciclismo indoor.

Ciudad y fecha: _____

Yo, _____ una vez informado sobre los propósitos, objetivos, procedimientos de intervención y evaluación que se llevarán a cabo en esta investigación y los posibles riesgos que se puedan generar de ella, autorizo a Felipe Monsalve, estudiante de la Universidad Autónoma de Manizales, para la realización de los siguientes procedimientos:

Registro de información sociodemográfica (Nombres, edad, género, estrato socioeconómico)

Registro de información mediante la grabación de mis prácticas deportivas mediante la filmación.

Adicionalmente se me informó que:

Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria, estoy en libertad de retirarme de ella en cualquier momento.

No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitirán conocer la biomecánica de los miembros inferiores en el gesto del pedaleo.

Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente. Esta información será archivada en papel y medio electrónico. El archivo del estudio se guardará en la Universidad Autónoma de Manizales bajo la responsabilidad de los investigadores.

Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Esto también se aplica a mi cónyuge, a otros miembros de mi familia y a mis médicos.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.

Firma

Cedula de ciudadanía No. _____ de _____

Proyecto aprobado por el comité de Bioética de la UAM, según consta en el Acta No. 51 de 2015

HOJA 2

Título: Características cinemáticas en extremidades inferiores del gesto ciclístico en instructores de ciclismo indoor.

Objetivo General: Describir las características cinemáticas en extremidades inferiores del gesto ciclístico en los instructores de ciclismo indoor en la ciudad de Medellín.

Justificación: Los entrenadores deben estar conscientes del stress articular y muscular que produce el ciclismo debido a que su práctica consiste en movimientos muy repetitivos y en músculos muy específicos. La carga localizada en los músculos del tren inferior y la incomodidad propia de las posiciones estáticas en el tren superior y el torso causan una molestia inicial, especialmente si los alumnos son nuevos y se quiere involucrarlos en este tipo de ejercicio en forma efectiva.

Según el estudio realizado en la ciudad de Cali/Colombia, se reporta que la mayoría de los instructores de Spinning® han dejado a un lado la auténtica especialización de la práctica, donde se incluye el estudio de los aspectos técnicos de la práctica, la metodología del entrenamiento, los principios del entrenamiento deportivo, métodos pedagógicos de la enseñanza, biomecánica y salud preventiva. Por lo anterior, los instructores de ciclismo indoor deben tener claro que, durante el desarrollo de la disciplina, se debe direccionar a través de una buena metodología e insumos pedagógicos, siendo los elementos fundamentales en la formación profesional e integral de todo instructor.

Riesgos: La investigación será realizada bajo los lineamientos establecidos por la resolución 008430 del ministerio de protección y salud pública, siendo una investigación **sin riesgo**, y se seguirán los lineamientos establecidos para la investigación en salud como es el desarrollo del consentimiento y asentimiento informado y la participación voluntaria por parte de los deportistas

Beneficios:

Los resultados que salgan de esta investigación es un aporte a las ciencias de la salud y el deporte, en especial en el área de la actividad física y el entrenamiento deportivo, será la base para la creación de nuevos modelos enfocados al mejoramiento de la práctica específica de la actividad, mejorar el rendimiento deportivo, prevenir lesiones por sobreuso o por mala ejecución de la técnica.