

La Rigidez Tendinosa en Corredoras Amateur

Alejandro Durango García

Facultad de Psicología y Ciencias Sociales Profesional en Actividad Física y Deporte

Universidad de Católica Luis Amigó

Trabajo de grado II

Jennifer Vanessa Halaby Zapata

Medellín, 2024

Tabla de Contenido

Índice de Tablas	4
Índice de Figuras	4
Introducción	7
Planteamiento del problema	9
Justificación	11
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Marco de Referencia	16
Entrenamiento	16
Entrenamiento deportivo	16
Potencial de rendimiento	16
Duty Factor	17
Leg Spring Stiffness	17
Fuerza	18
Fuerza aplicada	18
Fuerza reactiva RSI	19
Bipodal o unilateral	19
Metodología	20

	3
Delimitación y alcance	21
Población	21
Criterios de inclusión/Exclusión	22
Control de Sesgos	23
Técnicas e instrumentos de recolección de la información	24
Test incremental de carrera	24
Test de Drop Jump	24
Fuerza reactiva	26
Stifness	26
Prueba de normalidad	27
Prueba de Shapiro wilk	27
Análisis estadístico	28
Resultados	28
Discusión	31
Ciclo estiramiento acortamiento	32
Figura 2 Tabla de percentil RSI del National Collegiate Athletic Association	34
Conclusiones	39
Anexos	40
Consentimiento Informado	40
Stryd Power center	41

	4
Training peaks	41
Test Chrono jump	41
Referencias	42

Índice de Tablas

Tabla 1 Variables.....	25
Tabla 2 Variables biológicas	28
Tabla 3 Variables del salto Drop jump.....	28
Tabla 4 Dinámicas de carrera.....	28
Tabla 5 Resultados de Variables biológicas.....	28
Tabla 6 Resultados de Dinámicas de carrera.....	28
Tabla 7 Resultados stiffness corredoras de Medellín	29
Tabla 8 Resultados Drop jump corredoras de Medellín.....	29
Tabla 9 Percentil de Lss/Kg basado en Stryd power.....	36

Índice de Figuras

Figura 1 Recolección de datos pertenecientes al Software Chronojump.....	25
Figura 2 Tabla de percentil RSI del National Collegiate Athletic Association	34
Figura 3 Gráfico comparativo entre el RSI de atletas de Medellín y las atletas la National Collegiate Athletic Association.....	37
Figura 4 Gráfico comparativo entre Percentil de Palladino Project y Percentil de atletas de Medellín	37
Figura 5 Gráfico comparativo de la cadencia entre atletas de la maratón de Barcelona y atletas de la ciudad de Medellín	38

Introducción

Según el plan de estudios de La Universidad Católica Luis Amigó y los conocimientos adquiridos en asignaturas destinadas a la metodología de la investigación y el entrenamiento, se desarrolla este trabajo final de grado con el fin de aplicar diferentes conocimientos específicos en las ciencias del deporte, como manifiesto, se pone en práctica el análisis de una problemática relacionada con el contexto del deporte amateur, la fuerza como capacidad condicionante de cualquier disciplina deportiva y un sin número de factores con relación a la carrera a pie.

Desde el momento que se imparte la asignatura de trabajo de grado uno hasta el final del segundo curso, se recolectaron datos relevantes que tienen relación con el tiempo de contacto, Fase de vuelo, Stiffness, fuerza reactiva y la relación que tienen estos componentes con un grupo de corredoras de la ciudad de Medellín, a su vez nuestro enfoque como educadores del área de la actividad física y el deporte debe impartir conciencia de la eficiencia mecánica y metabólica de los gestos específicos de un disciplina esto con el fin de promover la salud y las buenas prácticas deportivas. Con el transcurso de los años como estudiante, entrenador y atleta de deportes de resistencia he desarrollado un gran interés por la biomecánica, la bioquímica y la física aplicada a la cinemática, con el tiempo he logrado observar como a pesar de que se trabajen gestos de fuerza dominantes de cadera y rodilla además de Drills de carrera y aceleración los atletas siguen sin perfeccionar la posición de su cadera, postura, zancada, pisada o manera de impactar el pavimento, generando imbalances musculares y estrés tibial que tiene relación con fasciopatías y tendinopatías, las cuales muchos entrenadores no tienen idea como abordar

En definitiva, lo que buscamos con este proyecto es evaluar y caracterizar un grupo de atletas sin mucha experiencia en estas variables del entrenamiento, y dadas las circunstancias, estudiar la influencia de estos componentes en su economía de carrera.

La estructura del trabajo sigue una línea académica en donde lo primero que se expone es el planteamiento del problema y la justificación, donde se da a conocer el contexto y las necesidades de la población, luego hablamos de los objetivos, metodología y características, seguidamente se expondrán los resultados obtenidos en base la estadística correspondiente y por último, cerraremos con la discusión, las aplicaciones prácticas (de especial relevancia tras la realización de este proyecto) y las conclusiones, destacar también que en todo momento me he apoyado en lo que la bibliografía científica manifiesta y en las asesorías por parte del docente asesor.

Planteamiento del problema

En América Latina el promedio de edad de los practicantes de carreras atléticas de calle, es 30 años, en Estados Unidos 42 años, y en Colombia, 35 años (Millán, 2014) donde estos últimos son los que más corren, su promedio de distancia son 44 kilómetros semanales, frente a un promedio de 34 kilómetros en el resto de la región latinoamericana y 32 kilómetros en Estados Unidos.

En la ciudad de Medellín, la maratón de las flores o ciudad de Medellín se realizó por primera vez en 1995 con un recorrido de 14 kilómetros contando con una representación de cinco países y dos mil corredores. A la fecha cuenta 4 distancias, más de 40 países y cerca de 15 mil participantes (Soymaratonista, s.f.)

Este crecimiento en el número de corredores en la ciudad y en el departamento ha desencadenado un aumento en los profesionales dedicados a la planificación del entrenamiento en deportes de resistencia, aplicando cada vez más estímulos y componentes de la carga, tanto crónica como aguda en deportistas amateur (son persona que entrenan de manera recreativa, sin necesidad de llegar al alto rendimiento y cuyos objetivos son de salud, mejora de capacidad condicionales, entre otras.), esto muchas veces, sin una cuantificación del esfuerzo o planificación adecuada, desatando lesiones relacionadas con el estrés mecánico en el componente anatómico como: la rodilla, los tobillos y la cadera. Entre las patologías más comunes se encuentran la fascitis, tendinopatía aquilea, contracturas y periostitis (Colmedegua et. al, 2019)

Dentro de la preparación de atletas amateur en comparación con deportistas de altos logros, se debe tener en cuenta el número de horas y estrés al que es sometido el cuerpo, la sobrecarga como un factor modificable que se relaciona al desarrollo de lesiones. Un kilometraje superior a las 40 millas a la semana, el rodaje diario y el entrenamiento de larga distancia están relacionados con la ocurrencia de lesiones, (Colmedegua et. al, 2019)

Para el caso una adecuada planificación, busca mantener un rendimiento prolongado en el tiempo y un estado músculo esquelético saludable, estableciendo un equilibrio entre el estado de forma y su salud.

Por regla general, una maratón se corre entre el 65-85% del VO₂max, pero esto va a depender del nivel del deportista, corredores aficionados con tiempos altos en maratón podrán correr entorno al 50-60% de su VO₂max, mientras que corredores de élite, con tiempos por debajo de las 2h30', pueden alcanzar velocidades >80% VO₂max (Coyle, 2013). Por esta razón, las demandas fisiológicas van a depender del nivel del corredor y el tipo de entrenamiento que realizaremos, siempre deberá ser individualizado al nivel del deportista.

El rendimiento prolongado de deportistas amateur en carreras de media y larga distancia dependerá de una serie de factores, para el caso nos centraremos en la rigidez tendinosa (stifness) (Orozco, 2018) y la fuerza reactiva (RSI) este trabajo se enfocará en el análisis de estos componentes musculo tendinosos a nivel de la mecánica de la carrera.

Justificación

A diario se pueden observar un sin número de corredoras, dedicadas a los eventos de medio fondo con poca técnica, donde se puede analizar en el recorrido una deficiente fase de vuelo y poca activación en el stiffness musculo tendinoso. En los deportes de carrera a pie la rigidez musculo tendinosa (LSS) está condicionada por variables anatómicas, fisiológicas y físicas (Jhonatan Folland et. al, 2017) todas relacionadas con del Df. Entiendo el Df como la fracción de un período de zancada que una pierna específica pasa en contacto con el suelo (Moeslund), teniendo implicaciones significativas para el consumo de energía.

Las fuerzas externas son menores en los corredores recreativos que corren con Df más altos y (LSS) ligeramente más bajos. Estos hallazgos pueden ser importantes para la prevención de lesiones, especialmente dirigidos a estos que son más propensos a las lesiones por uso excesivo, según (Bonnaerens S, 2021)

La manera en la que se aplica la fuerza como cinemática de carrera altera el número de pasos por minuto (Cadencia) esta es deficiente en corredoras recreativas por diferentes manifestaciones en su economía de carrera, las investigaciones se han centrado en los componentes de la zancada, cuyos resultados sugieren que las mejoras en la economía de la carrera (RE: gasto energético a una velocidad de carrera submáxima determinada) están determinadas de diferentes variables y no solo de los cambios cardiovasculares o metabólicos, sino también, a partir de otros mecanismo como lo biomecánico (Balsalobre, 2016)

Así, (Svedenhag, 2000) identificó 13 factores determinantes de la economía de carrera (distancia de la especialidad, entrenamiento y puesta a punto, pendiente del terreno, temperatura, aire y viento, fatiga, ventilación, amplitud de zancada, rigidez/componentes elásticos, otros factores biomecánicos, género, edad y estado emocional/psicológico) expresando que hay uno o más factores fisiológicos que afecta al rendimiento. (Bassett, 2000)

La RE es un componente bastante entrenable (como hemos dicho el VO₂max esta en cierta medida limitado) ya que depende de multitud de factores, unos sobre los que no podemos incidir (factores genéticos y ambientales), otros sobre los que podemos incidir parcialmente (biomecánica y flexibilidad) y otros sobre los que podemos incidir plenamente (drafting, material deportivo, tipo de calentamiento, entrenamiento en altura y entrenamiento de fuerza). Siendo el entrenamiento de la fuerza (fuerza máxima y pliometría) (maratón, 2017) el principal factor donde podemos incidir sobre la RE de la carrera.

Correr es un deporte bípedo con fases de apoyo de una sola pierna dentro de la zancada del atleta, por lo que la fuerza generada para mover al corredor hacia adelante proviene de la pierna propulsora individualmente en cada zancada (Ian J. Greenwood, 2021) Cinemáticamente para que haya una correcta coordinación intramuscular y una adecuada coordinación cruzada (Técnica) deberá tener una aplicación propulsora lo más balanceada y rápida posible.

(Ramírez, 2016) Evaluó la relación entre la existencia de asimetrías funcionales, el sexo y el nivel de rendimiento de fuerza en atletas universitarios de distintas modalidades (deportes de conjunto e individuales) Los autores concluyen que las mujeres se muestran más proclives a manifestar fuerza de forma asimétrica en tareas salto y ejercicios isotónicos con cargas, de forma similar los atletas más débiles sean de sexo masculino o femenino ejecutan de forma más asimétrica que aquellos con mayor nivel de manifestación de fuerza. Estos datos pueden apuntar como el nivel de fuerza unipodal puede jugar un rol importante dentro de los gestos deportivos

Un elemento importante a la hora de desarrollar una lesión osteomuscular es la inadecuada sobrecarga en algunos segmentos, generando un uso excesivo de manera individual en articulaciones de rodilla y tobillo, por este motivo lo que ocurre en corredores es que generan un estrés repetitivo y prolongado de manera segmentada y en la que nuestro sistema nervioso busca

mitigar con otras unidades contráctiles, en las cuales también se aumentara a largo plazo dicha fatiga.

Un deportista que tenga mayor stiffness podrá almacenar más energía elástica durante la fase de amortiguación y generar más fuerza concéntrica durante el despegue, incrementando la velocidad y altura de salto, en definitiva, mejorando su rendimiento deportivo (Brazier, 2019)

del suelo (GRF) están correlacionadas positivamente con la Existen diferentes tipos de Stiffness:

Leg Stiffness: resistencia al cambio de longitud de la pierna tras la aplicación de fuerzas. Más apropiada en tareas de carrera

Joint stiffness: resistencia al cambio en desplazamientos angulares en flexión y rotación tras la utilización de fuerzas de reacción del suelo entre ellas, Ejemplos: Saltos de frecuencia, saltos verticales, Sprint

En un estudio de investigación Se plantea la hipótesis de que ciertas variables de la fuerza de reacción economía de carrera (RE; la demanda aeróbica a una sola velocidad de carrera). Los cambios excesivos de impulso, cuantificados mediante medidas de impulso lineal, así como el momento libre aplicado a la superficie de carrera, podrían considerarse esfuerzos potencialmente derrochadores en términos de necesidades de energía metabólica. (Martin, May 2001) así mismo el entrenador soviético Yuri Verkhoshansky encontró que aquellos saltadores que tenían un tiempo de contacto menor con el suelo eran quienes obtenían los mejores resultados en competición. Para sus programas de entrenamiento, Verkhoshansky implementó el uso del CEA, tanto en su tipo rápido como lento, los cuales están determinados por el tiempo de contacto y el aumento en el ángulo de movimiento de las extremidades inferiores, para lo que se requiere un importante desarrollo de fuerza de tipo excéntrico, ya que esto permite pasar rápidamente de una fase excéntrica a concéntrica (Pedro Delgado Floody, 2012). Para que este tipo de entrenamiento sea realmente efectivo, es indispensable una correcta determinación del Índice de Fuerza Reactiva

(RSI), como medida para determinar la altura óptima de caída (AOC) del entrenamiento en pliometría, el cual es calculado a través del test conocido como Drop Jump (DJ) o caída de cajón (Perdomo, García, Zúñiga, & Peña, 2015)

Hoy en día podemos evaluar y llevar un control del ciclo estiramiento acortamiento, analizando la fuerza reactiva, el Duty factor, la oscilación vertical, la cadencia o el stiffness y determinar qué factores deben tener prioridad en el proceso de un deportista para evitar lesiones asociadas con los musculo esquelético, por tal motivo nos preguntamos ¿Cuáles son las características de fuerza reactiva, la zancada (DF) y rigidez tendinosa (LSS) en corredoras amateur pertenecientes a clubes de triatlón y running de la ciudad de Medellín?

Objetivos

Objetivo General

Determinar la fuerza reactiva y el stiffness (LSS) de un grupo de corredoras amateur de la ciudad de Medellín

Objetivos Específicos

1. Caracterizar un grupo de atletas amateur de la ciudad de Medellín, sus componentes mecánicos de carrera (LSS/kg-cadencia) y metabólicos (Umbral de carrera)
2. Evaluar la fuerza reactiva RSI (Ciclo estiramiento acortamiento) mediante una plataforma de contacto con el test de Drop jump, en donde cada corredora podrá realizar 3 intentos de salto y donde se tomará el mejor resultado
3. Evaluar el stiffness (LSS) Mediante un test incremental de carrera y con la ayuda de un instrumento (foot pod) y un software Ant plus

Marco de Referencia

Se realizó una revisión sistemática de artículos de revista y estudios de investigación, buscando la descripción de parámetros y ejes temáticos relacionados con el rendimiento en carreras de fondo, componentes del entrenamiento, aspectos fisiológicos y biomecánicos y la aplicación y retorno de energía en estructuras anatómicas, mediante este análisis documental se estableció una guía temática y teórica en los siguientes aspectos:

Entrenamiento

El entrenamiento es el "proceso de educación, aplicado de manera sistemática y organizada a través del cual las personas aprenden conocimientos, actitudes y habilidades en función de unos objetivos definidos (Chiavenato, 2006)

Entrenamiento deportivo

El entrenamiento deportivo desde la perspectiva biológica, puede interpretarse como un proceso de estímulo y reacción. Las actividades deportivas desencadenan procesos de adaptación en el organismo. Los estímulos son las causas y las adaptaciones son los resultados. La ejecución de un contenido de entrenamiento, de acuerdo a un programa planificado y dosificado, produce estímulos de movimiento que llevan a adaptaciones morfológicas, funcionales, bioquímicas y psicológicas en el organismo (miethe, 2003)

Potencial de rendimiento

El rendimiento deportivo de resistencia se basa en una interacción compleja de factores fisiológicos y biomecánicos basándose en el componente Cardiovascular, capacidad que se ha considerado a menudo como el principal factor limitante en rendimiento de resistencia. Medidas clásicas como consumo máximo de oxígeno (V_{O_2} máx.) y umbral de lactato (LT) se han utilizado

tradicionalmente en el laboratorio para predecir potencial de rendimiento de corredores, ciclistas, triatletas y esquiadores de fondo (Carson, 2014)

En los deportes cíclicos o de resistencia aeróbica hay 4 parámetros claves de la aptitud aeróbica que afectan la naturaleza de la curva de velocidad-tiempo y que se puede medir en el atleta humano. Estos son el consumo máximo de oxígeno (VO₂max), la economía de carrera (RE) y el umbral de lactato/ventilación y la cinética del consumo de oxígeno. (Carter, 2000)

Según (Carlos Balsalobreet. al, 2017) Las mejoras en la RE como consecuencia de las intervenciones de entrenamiento de fuerza han sido atribuidas a la mejora de la coordinación de los miembros inferiores y a la coactivación muscular, lo que, en última instancia, aumenta la rigidez muscular y disminuye los tiempos de contacto con el suelo (Df-LSS)

Duty Factor

El Duty Factor es uno de los componentes más importantes dentro del entrenamiento según Millet, Divert, Banizette, & Morin (2010) donde correlacionando los tiempos de contacto y de fase vuelo registrados, es posible obtener un cociente del tiempo total de la zancada e individualizar el factor de trabajo de cada corredor, al mismo tiempo que se relaciona con el tipo de pisada y la fuerza máxima que puede generar la atleta (Bonnaerens S, Fiers P, Galle S, y otros. Relación entre el factor de trabajo y las fuerzas externas en corredores recreativos lentos BMJ Open Deporte y Medicina del Ejercicio 2021;7:

Leg Spring Stiffness

La rigidez muscular de las piernas o también llamado “leg-stiffness” es otro parámetro biomecánico relacionado con el rendimiento. Durante la carrera, los principales músculos extensores de las articulaciones del tobillo y la rodilla (i.e., gastronómias y cuádriceps, respectivamente) contribuyen en más de un 70% al trabajo mecánico total realizado (Kotaro Sasaki,

2006). En este complejo mecanismo, músculo y tendón deben ser considerados como una unidad de transmisión de energía (Carlos L. Dumke, 2010), y si los convertimos en un modelo de muelles (i.e., “Spring-Mass Model”), se puede decir que el “leg-stiffness” de las piernas es la relación entre la fuerza máxima aplicada al muelle.

Fuerza

Para Harman (1993), la definición más precisa de fuerza es la habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, tipo de activación (concéntrica, excéntrica, isométrica, pliométrica) y la velocidad del movimiento.

Al momento de planificar la fuerza encontramos diferentes métodos de entrenamiento, como la prescripción por el % de la RM, la tasa de esfuerzo percibido ‘por medio de la escala de Borg y método de las repeticiones en reserva los cuales dependen de una alta cantidad de variables fisiológicas y la percepción subjetiva del atleta, por tal motivo se han desarrollado métodos alternativos como el entrenamiento basado en la velocidad (velocitybased training, VBT), para proporcionar datos precisos y objetivos que permitan una adecuada prescripción de la carga del entrenamiento de fuerza.

Fuerza aplicada

Ni el concepto de fuerza desde el punto de vista de la mecánica ni desde la fisiología coincide o representa de manera total a la “fuerza” que debemos analizar en el deporte. Juan José González Badillo Lo que nos interesa en el deporte es la fuerza aplicada en las acciones deportivas.

En un mismo sujeto, la fuerza aplicada depende directamente de dos factores equivalentes; i) el tiempo disponible para aplicar fuerza y ii) la velocidad a la que se desplaza la resistencia. Cuanto mayor sea el tiempo disponible para aplicar fuerza (dentro de ciertos límites), mayor será la fuerza

que se pueda aplicar. Hablar de tiempo y de velocidad es equivalente: el sujeto tendrá más tiempo para aplicar fuerza cuando la velocidad sea menor (mayor carga) y viceversa (Badillo J. J., 2013)

Fuerza reactiva RSI

Yuri Verkhoshansky analizo que aquellos atletas que tenían un tiempo de contacto menor con el suelo eran los que alcanzaban mejores tiempos de competición, dentro de sus planes de rendimiento, Verkhoshansky implementó el uso del ciclo estiramiento acortamiento, tanto en su tipo rápido como lento, los cuales están determinados por el tiempo de contacto y el aumento en el ángulo de movimiento en la cadena cinética inferior, para lo que se requiere un importante desarrollo de fuerza de tipo excéntrico, esto permite pasar rápidamente de una fase excéntrica a concéntrica (Leonardo Rodríguez Perdomo, 2015)

La utilización del RSI está justificada en que el mismo expresa la mejor relación entre el tiempo de vuelo y el tiempo de contacto, estando estas variables relacionadas con la aplicación de fuerza en función del tiempo (Lisandro, 2019)

Bipodal o unilateral

Para mantener una posición Bipodal requiere del constante ajuste de los músculos en el tronco y las piernas bajo el control consciente y automático del SNC para contrarrestar los efectos de la gravedad. Postura, por consiguiente, puede ser considerada como una posición asumida por el cuerpo antes de que este haga el siguiente movimiento (José A. Acero Jáuregui, 2015)

Metodología

Se realizó una revisión sistemática en bases de datos bibliográficas pertenecientes a la universidad católica Luis Amigo y a buscadores independientes como Reserch rabbit, Sci-hub y Google académico que le dieran soporte teórico a la aplicación de herramientas y a la importancia de esta investigación cuantitativa.

La investigación cuantitativa es un método estructurado de recopilación y análisis de información que se obtiene a través de diversas fuentes. Este proceso se lleva a cabo con el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar el problema de investigación (Ortega, n.d.)

Esta investigación es de carácter cuantitativo por sus cualidades numéricas, esto debido a que la muestra está catalogada en número de personas y datos de rendimiento, su condición es descriptiva, esta busca caracterizar un grupo poblacional dentro del ámbito deportivo recreativo, a su vez se caracteriza por ser no experimental ya que se estudian y se evalúan las variables pero no se manipulan o se controlan; el diseño de esta investigación es transversal, ya que este analiza dos variables en un periodo corto de tiempo para entregar información sobre un grupo poblacional.

Delimitación y alcance

Para esta investigación hemos analizado 14 corredoras de la categoría amateur (Grupo por edades) en la ciudad de Medellín del departamento de Antioquia, las participantes no habían sufrido ninguna lesión en los 6 meses anteriores y estarían entrenando un volumen semanal entre 20-30km, las 14 atletas fueron seleccionados por su nivel de rendimiento, Todos los participantes leyeron y firmaron un formulario de consentimiento informado aprobado por la Universidad Católica Luis Amigó.

Se aplico una batería de test para caracterizar las variables biomecánicas de la economía de la carrera asociadas con el Duty factor (fase de vuelo/contacto), tales como el stiffness tendinoso y la fuerza reactiva a nivel muscular, se aplicaron dos instrumentos: test incremental de carrera y Drop jump en esterilla de contacto, con esta investigación esperamos obtener datos que describan un perfil de carrera de estas características mecánicas relacionadas con esta población y que permitan que otros profesionales utilicen estos datos para la prescripción de la carga de entrenamiento.

Población

Atletas que practican atletismo de fondo, del género femenino, en la categoría Half maratón y maratón en grupos por edades, pertenecientes a los clubes Alphax y TRT (edad: $28,1 \pm 3,0$ años)

Criterios de inclusión/Exclusión

1. Mujeres mayores de 28
2. Llevar como mínimo 2 años practicando el deporte y 6 meses activo
3. Libre de lesiones (6 meses periostitis/tendinopatías)
4. Entrenar como mínimo 3 sesiones por semana
5. No utilizar Calzado con placa de carbono

Control de Sesgos

Protocolo para la recolección de datos:

1. Evaluar por medio de training peaks el volumen semanal con el que cumple cada atleta
2. Preguntar si desea participar bajo ningún beneficio solo obtener información y datos de carácter académico, además de una retroalimentación de sus características de carrera
3. Consentimiento informado por parte de cada atleta
4. Explicación a los atletas de cada test y su finalidad antes de la recolección de datos
5. Sesiones en donde habla del Drop jump y se realizan ejercicios de aproximación
6. Se les envía por vía Whats app el siguiente video perteneciente a la batería de bossco
https://www.youtube.com/watch?v=wa6-KgTOwkw&feature=emb_title
7. Todos los atletas realizan el mismo protocolo de calentamiento para los saltos en donde se realizan 20' de carrera continua en su Z2 y ejercicios de multi rebote, y técnica de salto, el test de carrera cuenta con su propio calentamiento el cual se encuentra en su descripción
8. Se explica antes de cada Test como debe ser la ejecución de cada salto

Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Test incremental de carrera

El Footpod se fijó al cordón izquierdo del corredor, equidistante del maléolo del participante y de la punta del zapato, Los valores de altura y peso de los participantes se ingresaron en la aplicación Stryd para Android y en el reloj Garmin, el criterio de inclusión adicional fue que las corredoras debían poder correr 10 km en 55-60 min ($58' \pm 1,3$ min)

en un tapiz rodante se inicia calentando 5' entre caminata y su zona 1 de carrera de ahí ubicamos la velocidad convirtiéndola de Threshold pace a km/h empezando en su VT1 (El ritmo inicial fue el 70% del ritmo real o previsto de 10000 m, según lo recomendado, (Hunter Allen, 2011) La pendiente de la cinta se fijó en el 2% para reflejar con mayor precisión el coste energético de correr al aire libre, se progresa cada 1' hasta su VT2 de ahí se sostiene 3' que duraría una prueba de critical Power, y se realizaría una vuelta a la calma de 3' en su Z1, luego se llevan esos datos a la app del dispositivo. Stryd, el dispositivo se vinculó con un Garmin 735® reloj (sistema MGPS-Galileo glonas ANT+Plus) y la información se analizó mediante el programa Stryd Power Center disponible en la web. Se registraron los datos y se promediaron los datos de tiempo de contacto, oscilación vertical y LSS durante 3' (Cartón, 2022)

Test de Drop Jump

En una plataforma de salto, mediante el software Chrono jump se realiza un test de caída en salto vertical, debe generar un esfuerzo repentino y máximo que lo propulse verticalmente hacia arriba. esto desde un banco o step con 25-40cm, de manera incremental y para el caso de este grupo poblacional no más de 40cm, buscando determinar la fuerza reactiva (RSI) medida a través de una

plataforma de contacto que calcula el tiempo de vuelo, con la versión de software chronojump Bosco system para test de saltos (Pueo, 2017)

Es importante destacar que la acción de la caída desde la superficie en la que se encuentra el sujeto a ser evaluado (step o banco de una altura determinada), debe realizarse avanzando un pie y dejándose caer por efecto gravitatorio, en ningún momento el atleta debiera flexionar las rodillas, la acción de los brazos descritos por dicho autor refieren a una posición de los mismos a nivel de la cintura, para no aportar o beneficiar a la capacidad de los miembros inferiores. Sin embargo, en este protocolo (como otros también) puede ejecutarse con acción o impulso de los brazos en el sentido del salto (Bosco, 2000) (Lardone, 2022)

3 pruebas de salto en las que se indicó a los atletas que mantuvieran las manos en las caderas y de donde se tomó el resultado del mejor salto

Figura 1 Recolección de datos pertenecientes al Software Chronojump

Saltador	TC (s)	TV (s)	Peso adicional (Kg)	Caída (cm)	Altura (cm)	Potencia (W)	Rigidez (N/m)	Velocidad inicial (m/s)	RSI (m/s)
----------	--------	--------	---------------------	------------	-------------	--------------	---------------	-------------------------	-----------

Tabla 1 Variables

Variable	Clasificación	Tipo de variable	Unidades de medición
Edad	Cuantitativa de razón	Confusora	Años cumplidos
Genero	Cuantitativa de razón	Confusora	Características biológicas
Genero	Cuantitativa de razón.	Confusora	Características biológicas
Peso	Cuantitativa de razón	Confusora	Kilogramos
Tiempo entrenando	Cuantitativa de razón.	Confusora	Meses

Fuerza Reactiva	Cuantitativa (Discreta)	de	razónIndependiente	Drop Jump
Umbral de carrera	Cuantitativa (Continua)	de	razónIndependiente	Minutos/Kilometro
Ritmo de la prueba	Cuantitativa (Continua)	de	razónIndependiente.	Abg. minutos/Kilometro
Stifness LSS	Cuantitativa (Discreta)	de	razónIndependiente.	KN/m
Cadencia	Cuantitativa (Discreta)	de	razónIndependiente	RPM

Fuerza reactiva

Durante las acciones de fuerza reactiva se produce el llamado ciclo estiramiento- acortamiento (CEA) a nivel fisiológico y biomecánico. Esta forma de manifestarse la fuerza se caracteriza por las grandes tensiones musculares que debe ejercer el deportista las cuales pueden presentarse de diferentes formas según la magnitud de la resistencia que hay que vencer, el tiempo empleado en ello, la velocidad con que se realiza o la potencia que se genera (manzo, 1999)

Stifness

Es una medida de como un corredor recicla la energía aplicada al suelo. Se ha demostrado que el LSS está correlacionado con el rendimiento. Esta métrica mide la rigidez de los músculos y tendones de la pierna. Los aumentos en el LSS pueden indicar una mejora de la economía. El LSS es individual y no puede ni debe compararse con diferentes corredores y debe estandarizarse para el peso corporal en sus propias comparaciones a lo largo del tiempo. Por esta razón, las tendencias en LSS/kg para velocidades específicas deben ser el objetivo del análisis. El LSS para la mayoría de los atletas varia de 6 a 14 kN/m

Prueba de normalidad

Procedimiento para los análisis estadísticos, permite verificar si un conjunto de datos sigue o no una distribución normal, para que estos no sean alterados, sesgados o poco precisos, esto para poder utilizar los procesos estadísticos normales.

Prueba de Shapiro wilk

Esta prueba utiliza un test de bondad de ajuste para determinar si los datos siguen una distribución normal. Se calcula un estadístico de prueba que se compara con un valor crítico en una tabla de distribución normal. Si el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis de normalidad.

- Esta prueba se puede aplicar a distribuciones de datos continuos.
- Los datos deben ser independientes y aleatorios.

(Sánchez, 2023)

Análisis estadístico

Tabla 2 *Variables biológicas*

Edad	31±4
Peso	56.7 ± 14
Tiempo de entrenamiento	24±48

Tabla 3 *Variables del salto Drop jump*

Dj Tv (S)	0.3±0.6
Dj Tc (S)	0.2±0.5
DJ ALT (CM)	30cm
Dj RSI	0.6-1.0

Tabla 4 *Dinámicas de carrera*

Umbral	430 ±2.30
Ritmo De Prueba	5.10 ±3.00
Cadencia	165±10
LSS	8.25±1.0
LSS/Kg	0.147±1.168

Resultados

Tabla 5 *Resultados de Variables biológicas*

	N	Perdidos	Media	Mediana	DE	Mínimo	Máximo	W	p
Tiempo de entrenamiento	14	0	23.6	24.0	15.11	6	48	0.897	0.101
Peso	14	0	56.7	54.5	7.35	50	74	0.833	0.013
Edad	14	0	31.2	31.0	2.52	28	36	0.910	0.160

Tabla 6 *Resultados de Dinámicas de carrera*

	N	Media	Mediana	DE	Mínimo	Máximo	W	p
Umbral	14	5.48	5.27	0.707	4.30	7.30	0.838	0.016
Ritmo de prueba	14	6.13	6.13	0.904	5.10	8.00	0.909	0.150
Cadencia	14	165.86	166.00	5.021	156	175	0.987	0.998

Se evalúan las variables de la carrera como su umbral el cual se obtiene desde la plataforma de planificación training peaks mediante un test anterior de cinco kilómetros, el ritmo de la prueba y la cadencia tomados desde el pod Stryd y con un reloj forerunner 745 y evaluado desde el Power center (Software Stryd)

Tabla 7 *Resultados stiffness corredoras de Medellín*

Stifness	LSS (K/N)	LSS/KG
N	14	14
Perdidos	0	0
Media	8.25	0.147
Mediana	8.50	0.152
Desviación estándar	0.688	0.0250
Mínimo	7.00	0.101
Máximo	9.00	0.178
W de Shapiro-Wilk	0.876	0.927
Valor p de Shapiro-Wilk	0.051	0.279

VARIABLES ESPECÍFICAS DE LA RIGIDEZ TENDINOSA EN LA PRUEBA DE CARRERA, EL LSS QUE OBTENEMOS DEL POWER CENTER DE STRYD Y EL LSS/KG QUE OBTENEMOS DIVIDIENDO EL DATO DE LA PRUEBA POR EL PESO

Tabla 8 *Resultados Drop jump corredoras de Medellín*

	DJ TC	DJ TV	DJ RSI
N	14	14	14
Perdidos	0	0	0
Media	0.293	0.314	0.600
Mediana	0.300	0.300	0.600
Desviación estándar	0.133	0.0864	0.218
Mínimo	0.100	0.200	0.300

Máximo	0.500	0.600	1.00
W de Shapiro-Wilk	0.893	0.454	0.916
Valor p de Shapiro-Wilk	0.090	<.001	0.192

Variables específicas de fuerza reactiva las cuales se obtuvieron del software Chrono jump mediante la prueba Drop jump de 30cm.

Discusión

El rendimiento en los deportes de resistencia es la resultante de una combinación de factores biomecánicos y fisiológico hasta fechas relativamente recientes, se ha considerado la capacidad cardio-respiratoria Vo_2 Max o los distintos umbrales (VT1-VT2) como los predictores básicos del potencial de los atletas de fondo, por lo que los programas de entrenamiento tradicionales han estado guiados a mejorar esas capacidades.

Actualmente, se considera la economía de carrera o la mejora de la fuerza pilares para las ganancias marginales

A lo largo del presente trabajo de grado se ha investigado la relación que existe entre la fuerza reactiva y la rigidez tendinosa componentes musculo esqueléticos del ciclo acortamiento estiramiento de las extremidades inferiores y su relación con la mecánica de carrera en atletas de larga distancia de la ciudad de Medellín, esto con el fin de caracterizar un grupo específico de corredoras amateur, según los hallazgos y citas teóricas en dicha caracterización, resulta evidente la importancia de estos componentes desde una mirada tanto del rendimiento, así como en la prevención de lesiones relacionadas con la práctica de esta actividad deportiva.

Ciclo estiramiento acortamiento

Según la revisión bibliográfica de este trabajo sabemos que la rigidez tendinosa y la fuerza reactiva tienen un papel importante en el rendimiento y la eficiencia durante los gestos donde se ve implícito el ciclo de estiramiento y acortamiento (CEA)

es una forma natural de función estructural, que ocurre cuando el alargamiento muscular activo (excéntrico) es seguido inmediatamente por un acortamiento muscular activo (Comyns, 2008)

(Verkhoshansky, 2009) define el CEA como la capacidad específica de desarrollar un impulso elevado de fuerza inmediatamente después de un brusco estiramiento muscular, los componentes relacionados a la mecánica de la carrera pertenecen a dicho ciclo

En este trabajo evaluamos La fuerza reactiva(RSI) y el stiffness (LSS) ambos componentes se correlacionan en el CEA y son importantes para la eficiencia mecánica del gesto de carrera como mecanismo para la transferencias de fuerzas de impacto, estos mecanismos se correlacionan pero actúan de manera diferente, un buen stiffness tendinoso permite una adecuada amortiguación del movimiento (fase excéntrica) almacenando energía, que luego se libera rápidamente durante la fase concéntrica para generar la fuerza explosiva RSI necesaria para la zancada, esto favoreciendo el coste mecánico y metabólico

El RSI está relacionado con el componente neuro muscular de reclutamiento de unidades motoras en un determinado tiempo, OG Si bien ese tiempo debe ser corto debemos entender que debe ser suficiente para poder aplicar niveles de fuerza relativamente altos. de nada sirven tiempos de contacto muy cortos si la producción de fuerza es baja (Cesarino., 2020)

Desde la biomecánica de carrera comparamos el RSI con el stiffness y nos encontramos con que una excesiva flexión de rodilla +40 grados, está relacionado con un déficit de fuerza reactiva 40-45° indica un excesivo hundimiento durante el apoyo (poco “leg stiffness”) (Souza, 2016)

Existen diferentes maneras de evaluar el RSI mediante un test de Drop jump en alfombra de contacto en una altura específica, test de Drop jump progresivo en la altura en alfombra de contacto, test de rebound jump en alfombra de contacto o con aplicaciones como my jump, todas validas desde que se siga aplicando el mismo protocolo de evaluación, en nuestro caso realizamos un test de Drop jump en una plataforma de salto fabricada por un grupo de entrenamiento de la ciudad de Medellín la cual funciona con un software de chronojump, allí realizamos un test de Drop jump desde 30cm a diferentes corredoras con diferentes pesos y ritmos de carrera.

Entender que el RSI es un factor individual el cual debe evaluarse cada 6 semanas para determinar las mejoras en el salto de cada atleta, puesto que la data de cada entrenador va a depender de la altura y tipo de test implícito, dentro de la revisión bibliográfica en busca de similitud en toma de datos encontramos que (Christopher J. Sole, 2018) evaluaron la fuerza reactiva en atletas de las diferentes disciplinas del atletismo entre estas 75 mujeres, pertenecientes al National Collegiate Athletic Association

Figura 2 *Tabla de percentil RSI del National Collegiate Athletic Association*

percentil	RSImod (m/s)
97	0,497
95	0.461
90	0,434
85	0.413
80	0,391
75	0,379
70	0.366
sesenta y cinco	0.351
60	0.333
55	0.315
50	0.308
45	0,293
40	0,279
35	0.273
30	0.266
25	0.248
20	0.241
15	0.214
10	0.202
5	0,173
3	0,139

Desde el componente de la rigidez tendinosa encontramos que Cuando generamos un gesto de carrera por fuerzas de gravedad y aceleración estamos absorbiendo 3 veces el peso de nuestro cuerpo , Ertman y colaboradores nos hablan de la capacidad de multiplicar este peso hasta 6 veces cuando corremos a más de 18km/h por la fuerza del soleo y tríceps sural (Ertman, 2023) por tal motivo la manera como contactamos el suelo cobra gran importancia, las estructuras musculo esqueléticas deben tener la capacidad de absorber, acumular y retornar esta energía cinemática para posteriormente facilitar la propulsión de la manera más económica posible (Capacidad elástica) Esta capacidad se la debemos al stiffness, cualidad del tendón para deformar su estructura y transformar la fuerza de impacto en energía esto desde una función neuro muscular en la que vemos

a nuestro cuerpo como una masa la cual se sitúa sobre unos resortes (piernas) cuando el centro de gravedad de esta masa desciende se genera una energía compresora sobre los resortes para más adelante generar una propulsión, un buen stiffness sucesivo garantiza que este ciclo se pueda repetir con la misma fuerza durante mucho tiempo, con esto el coste mecánico en componentes como la cadera disminuiría gracias a una menor demanda e implicación muscular.

Por tal motivo el stiffness será un condicionante para la mejora en los deportes donde está implícita la carrera, sobre todo cíclicos donde sea altamente necesaria la eficiencia de la carrera, un atleta que pueda usar mucho más su rigidez almacenará potencialmente más energía elástica en el aterrizaje y generará más fuerza en el despegue, esto se verá traducido en más velocidad y menos fatiga

El stiffness está condicionado por otros componentes de la carrera como el tiempo de contacto OG, la longitud de la zancada y la cadencia

Un mayor stiffness refleja un menor tiempo de contacto, puesto que la reducción de este produce que el retorno de energía sea mayor, esto genera un aumento en la velocidad de contracción muscular esta debe ser tomada en cuenta porque para ello también será necesario una mayor elasticidad muscular que facilite este aumento en la velocidad de contracción.

Estas variables de carrera se correlacionan directamente, Según (Claire T. Farley, 1996) un aumento de la cadencia disminuye el tiempo de contacto del pie en el suelo

Para evaluar estos componentes y en especial el stiffness como cualidad, utilizamos el sensor de potencia Stryd pod, el cual es un dispositivo portátil en forma de capsula que se engancha en la parte inferior de la zapatilla, este cuenta, con tecnología de bioingeniería como acelerómetros, sensores de muestreo, barómetros, capsula de aire entre otros, este dispositivo el cual va conectado a un reloj con tecnología ant plus nos arroja métricas como la fuerza o potencia, ritmo, distancia, cadencia, oscilación vertical LSS (Stiffness) entre otros.

Con este dispositivo podemos evaluar variables de la economía de la carrera en el componente biomecánico, analizar el gesto técnico de cada atleta o compararlo con estadios fisiológicos.

En nuestro caso Evaluamos el LSS y lo comparamos con la compresión de métricas que nos arroja el experto en potencia Steve Palladino este nos habla de cómo se correlaciona los datos de Stryd con la economía de carrera

Tabla 9 Percentil de Lss/Kg basado en Stryd Power

Percentil 95	0,173
Por encima del promedio	0,158
Promedio	0,143
Por debajo del promedio	0,128
5to percentil	0,113

(Palladino, July 25, 2018)

Cuando evaluamos la relación del stiffness con las lesiones en corredores nos encontramos que tan relacionados con el sobre uso como no asimilar el estrés fisiológico- input neural y la Carga mecánica por falta de stiffness o demasiada rigidez

Un stiffness demasiado elevado también puede llevarnos a lesiones como la fractura por estrés, pero un stiffness demasiado bajo está asociado con excesivos rangos de movilidad articular lo cual puede contribuir a inflamación y lesión de los tejidos blandos

Con esta caracterización nos damos cuenta como un sin número de corredoras no conocen más que sus umbrales de carrera, algunas solo su percepción del esfuerzo y como sin analizar ángulos nos damos cuenta como está la mecánica de su carrera

Desde la biomecánica de carrera comparamos el RSI con el stiffness y nos encontramos con que una excesiva flexión de rodilla +40 grados, está relacionado con un déficit de fuerza reactiva, 40-45° indica un excesivo hundimiento durante el apoyo (poco “leg stiffness”) (Souza, 2016)

Referente a los resultados podemos analizar como la media de corredoras se encuentran dentro del promedio según los percentiles dados por Steve paladino, esto debido a su experiencia dentro del

entrenamiento pero cuando se relaciona el stiffness con atletas de talla mundial podemos encontrar similitud en K/n pero pesos totalmente Diferentes, un ejemplo es la deportista Noelia Juan con 49kg triatleta española con 8,0K/N de rigidez una cifra similar a las deportistas de esta caracterización, pero estas cuentan tan con una media de peso de 56kg

Referente al RSI nos encontramos con que los datos también tienen relación con el instrumento de recolección de cada entrenador, pero cuando buscamos similitudes con otros estudios de investigación como el de la National Collegiate Athletic Association nos encontramos con que las atletas se encuentran cerca del percentil de atletas profesionales de categoría universitaria.

Figura 3 Gráfico comparativo entre el RSI de atletas de Medellín y las atletas la National Collegiate Athletic Association

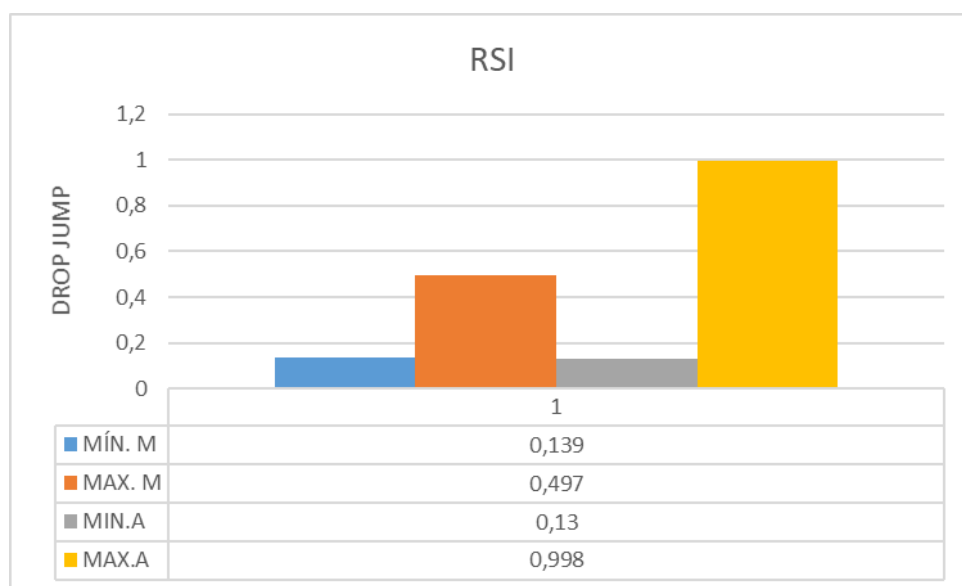


Figura 4 Gráfico comparativo entre Percentil de Palladino Project y Percentil de atletas de Medellín

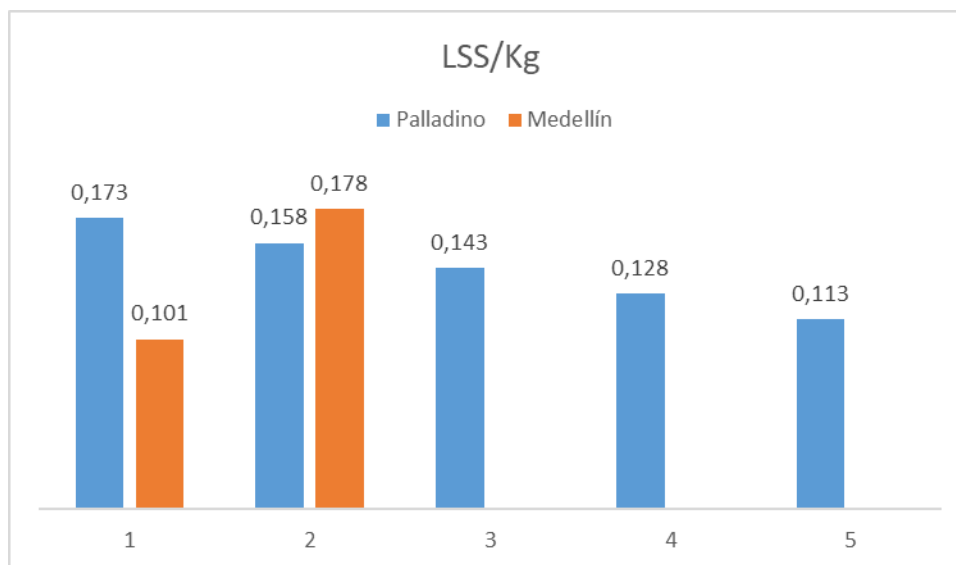
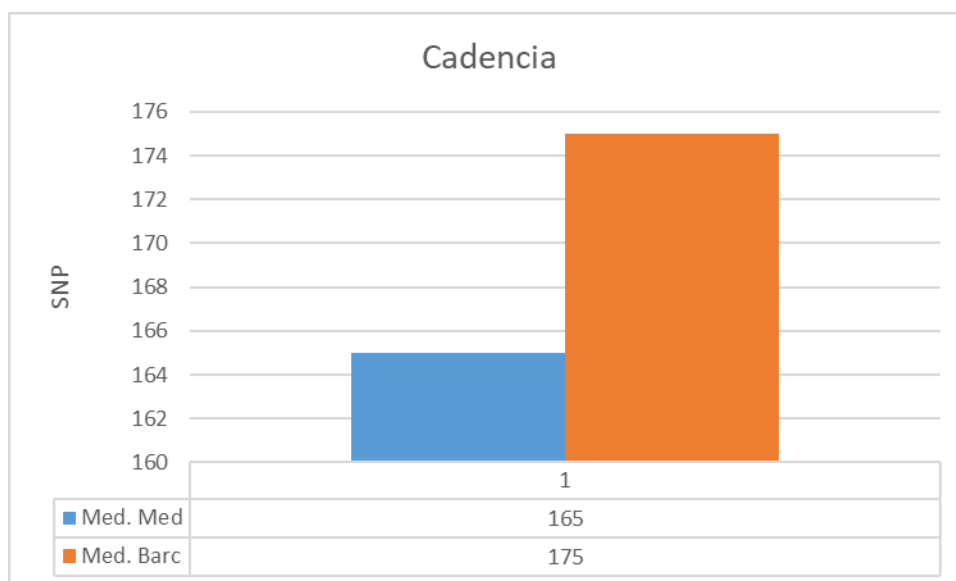


Figura 5 Gráfico comparativo de la cadencia entre atletas de la maratón de Barcelona y atletas de la ciudad de Medellín



La cadencia también juega un papel importante, vemos como en el análisis biomecánico realizado a la maratón de Valencia en España (Gandon Clement, 2022) encontramos que la media de la cadencia de los corredores en este tipo de eventos se encuentra en 180Rpm mientras que en este estudio de investigación se encuentra 165RPM de media esto podría estar correlacionado con el componente tiempo de contacto del RSI.

Conclusiones

En el presente estudio se ha podido evidenciar como no hay un control de las dinámicas de carrera con relación a la carga de entrenamiento, esto generando cambios en la mecánica del movimiento, sobre todo en el segundo umbral respiratorio; desde el sustento teórico damos a conocer como las mejoras del ciclo estiramiento acortamiento tiene un gran aporte en el rendimiento deportivo mediante mejoras en las tareas de correr y saltar.

La recolección de estos datos nos permite observar y a futuro controlar distintas variables de carga externa, que tienen que ver con aspectos de la mecánica de carrera, y a través del análisis e interpretación, incidir en la tasa lesiva y patrones del movimiento del corredor.

Podemos concluir que la fuerza y las dinámicas de carrera relacionadas con el tiempo de contacto y fase de vuelo pueden condicionar los componentes metabólicos como el máximo consumo de oxígeno, su incidencia determina que tanta fatiga y volumen puede tolerar un atleta en un cierto periodo de entrenamiento

El RSI y el Lss tienen un alto nivel de inferencia a la hora de oponerse contra las fuerzas externas (Impacto) condicionando componentes de la carga de entrenamiento como el volumen e intensidades, determinando el tipo de actividad y las horas empleadas por el atleta cada semana.

Finalmente, podemos concluir que es necesario profundizar más dentro de la individualización de la planificación, no solo cuantificar y prescribir con base en umbrales si no en las dinámicas de carrera las cuales garantizan la adherencia del atleta amateur en el proceso, generando bases para el rendimiento y el bienestar a largo plazo.

Anexos

Consentimiento Informado

Consentimiento Informado

Mi nombre es Alejandro Durango García soy estudiante de profesional en actividad física y deporte de la Universidad Católica Luis Amigó.

Como parte de mi proceso académico y requisito de grado estoy desarrollando una investigación en los componentes de Fuerza reactiva y rigidez tendinosa en corredoras amateur.

Quiero invitarle hacer parte de la recolección de datos de mi proyecto con el objetivo de caracterizar las Dinámicas de carrera relacionadas con el ciclo estiramiento acortamiento en corredoras amateur de la ciudad de Medellín, esta información no solo será útil en fines académicos sino también en la educación, conciencia del movimiento y la mejora del desarrollo atlético de cada participante, este proyecto fue avalado por el docente Asesor con fines del ejercicio académico y sin ninguno objetivo comercial.

La toma de datos de esta investigación está compuesta por los siguientes instrumentos de recolección:

Test incremental de carrera, en donde el sujeto se sitúa en una cinta rodante de la marca sport fitness con un reloj Garmin 735 y un Pod de Stryd Power este Footpod se fijó al cordón izquierdo del corredor, equidistante del talón del

participante y de la punta del zapato. Los valores de altura y peso de los participantes se ingresaron en la aplicación Stryd para Android, y se ubica la cinta en velocidades entre su primer y según umbral de carrera según los datos obtenidos por el software training peaks.

Test de Drop jump, En una plataforma de salto, mediante el software Chrono jump se realiza un test de caída en salto vertical, debe generar un esfuerzo repentino y máximo que lo propulse vertical mente hacia arriba. esto desde un banco o step con 25-40cm, de manera incremental y para el caso de este grupo poblacional no más de 40cm, buscando determinar la fuerza reactiva.

Su participación en esta investigación es de carácter voluntario, no tienen ningún tipo de recompensa económica y usted es libre de no participar, usted autoriza la manipulación de su calzado y la grabación de fotos y videos como parte de los anexos académicos,

este trabajo de grado quedará a disposición del público en la biblioteca de la Universidad.

Investigador: Alejandro Durango García

Si está de acuerdo en participar en este proyecto por favor escriba SI

_____ Acepto participar de manera voluntaria sin ningún tipo de remuneración económica

_____ Acepto la manipulación de mis datos personales, dinámicas de carrera, umbral y ritmos de carrera

_____ Autorizo la toma de apuntes y grabación de material audiovisual

_____ Excmero de cualquier tipo de responsabilidad de salud producto de los test de evaluación

Nombre:

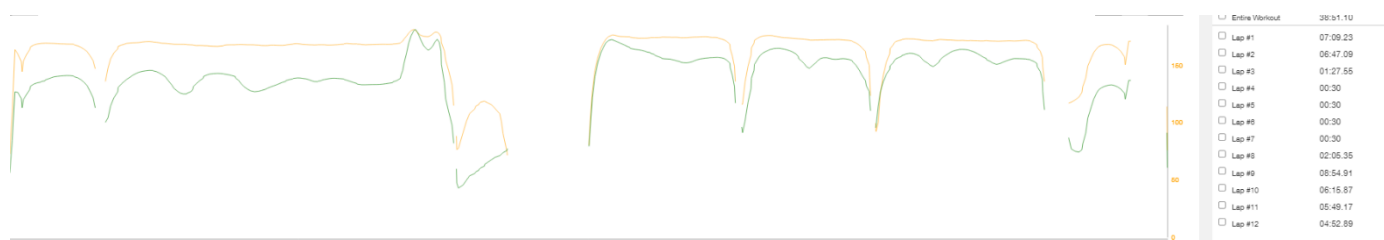
Cédula:

Firma:

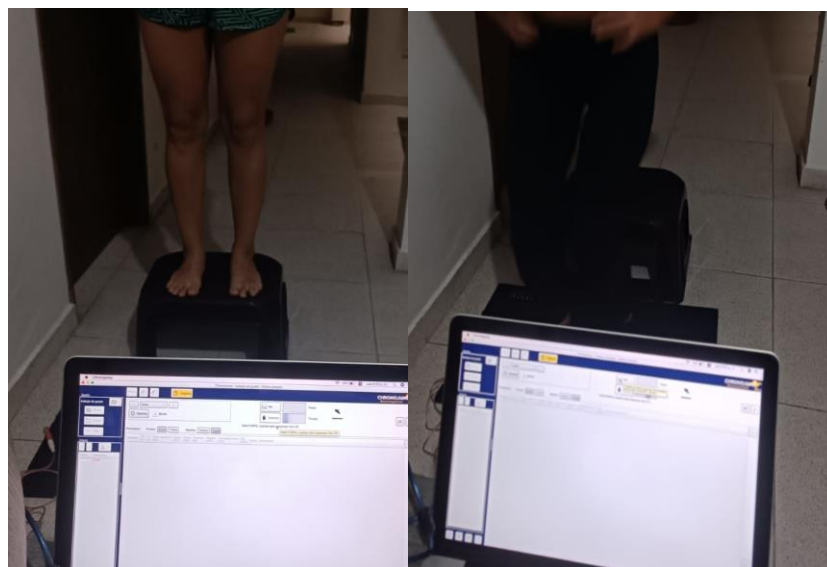
Stryd Power center

Split	Moving Time	Distance	Power	Pace	Cadence	HR	Form Power	FPR	GCT	LSS	VO	Air Power
1	5:17	1000 m	195 W	5:17 /km	167 spm	0 bpm	62 W	0.32	254 ms	8.9 kN/m	7.78 cm	1 %
2	5:45	1.01 km	242 W	5:41 /km	171 spm	0 bpm	59 W	0.25	257 ms	8.9 kN/m	6.99 cm	1 %
3	5:44	1.00 km	186 W	5:44 /km	166 spm	0 bpm	62 W	0.33	258 ms	9.0 kN/m	7.67 cm	1 %
4	5:32	1.00 km	221 W	5:31 /km	164 spm	0 bpm	58 W	0.26	258 ms	8.7 kN/m	6.88 cm	1 %
5	5:48	997 m	203 W	5:49 /km	171 spm	0 bpm	60 W	0.30	254 ms	9.1 kN/m	7.25 cm	1 %

Training peaks



Test Chrono jump



Referencias

Badillo, J. J. (s.f.).

Badillo, J. J. (2013). Nuevas tendencias del entrenamiento deportivo. *Universidad Internacional Menéndez Pelayo* .

Badillo, J. J., Moreno, C. S., & González, M. (2016). Entrenamiento combinado de fuerza y ejercicios de saltos, efectos sobre el rendimiento en el salto vertical en un grupo de alto nivel de jugadores de voleibol durante una temporada completa de competición. *Federación Española de Docentes de Educación Física*.

Balsalobre, S. (2016). Physiological Predictors of Maximal Incremental Running Performance. *Front Physiol*.

Balsalobre-Fernández, C. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials.

Bassett, H. (2000). Limiting Factors for Maximum Oxygen Uptake and Determinants of Endurance Performance.

Bonnaerens S, F. P. (2021). Relationship between duty factor and external forces in slow Recreational Runners. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*.

Bosco, C. (2000). Bosco C. La fuerza Muscular Aspectos Metodológicos. *Edit INDE*.

Brazier. (2019). Rigidez de las extremidades inferiores: consideraciones para las pruebas, mejora del rendimiento y riesgo de lesiones. *pubmed*.

Carlos Balsalobreet. al, F. ,.-C. (2017). Efectos del Entrenamiento de la Fuerza Sobre la Economía de la Carrera en Corredores Altamente Entrenados: Revisión Sistemática con Metaanálisis de Estudios Controlados. *publice*, 2.

- Carlos L. Dumke, C. M. (2010). Relationship Between Muscle Strength, Power and Stiffness and Running Economy in Trained Male Runners . *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 249-260.
- Carson, K. B. (2014). The Effect of Strength Training on Performance in Endurance Athletes. *Springer International Publishing Switzerland*, 846.
- Carter, A. M. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Department of Exercise and Sport Science, Crewe and Alsager Faculty, The Manchester Metropolitan University, Alsager, England*, 374.
- Cartón, A. (2022). Efectos agudos de una contrarreloj de 60 minutos sobre los parámetros relacionados con la potencia.
- Cesarino., F. L. (2020). El RSI (Índice de fuerza reactiva). *Laboratorio de biomecánica y fisiología del ejercicio*.
- Chiavenato, I. (2006). Del entrenamiento al entrenamiento metodológico conjunto. *Centro Universitario de Guantánamo*, 28.
- Christopher J. Sole, T. J. (2018). Preliminary Scale of Reference Values for Evaluating. *Sports* .
- Claire T. Farley, O. G. (1996). Leg stiffness and stride frequency in human running. *Journal of Biomechanics*.
- Colmedegua et. al, Z. N.-B.-C. (2019). Factores de riesgo asociados a lesiones en corredores de 16 a 68 años de edad. *Revista Médica Gt*, 37-39.
- Comyns, F. y. (2008). The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Trainin.
- Ertman, B. K. (2023). Alteraciones en la tensión y la tensión del tendón de Aquiles en una variedad de velocidades de carrera. *Revista de Ciencias del Deporte*.
- Hunter Allen, A. C. (2011). *training+race whit a power meter*.

- Ian J. Greenwood, A. D. (2021). Efectos del Entrenamiento Pliométrico Unilateral Versus Bilateral sobre el Rendimiento de la Carrera de Resistencia.
- Jhonatan Folland et. al, S. J. (2017). Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Med Sci Sports Exercise*.
- Jonathan P. Folland, I. S. (2017). La técnica de carrera es un componente importante de la economía y el rendimiento de la carrera. *Medicine y science in sport y exercise*.
- José A. Acero Jáuregui, P. (2015). Postura Bipodal Erguida : Conceptos y Aplicaciones.
- Kotaro Sasaki, R. R. (2006). Muscle mechanical work and elastic energy utilization during walking and running near the preferred gait transition speed. *Gait and Clinical Movement Analysis Society (GCMAS)*, 387-390.
- Lanao, J. E. (2019). Entrenamiento de la Fuerza para Corredores de Distancia: Una Perspectiva Científica. *PubliCE*.
- Lardone, L. (2022). Aplicación del Test de Salto DJ (Drop Jump) con Plataforma de Contacto.
- Lisandro, P. I. (2019). Índice de Fuerza Reactiva: Efectos del. *Tesis presentada en la Universidad de Concepción del Uruguay, Centro Regional Rosario, de*.
- Manzo, J. m. (1999). *Comportamiento muscular en la fuerza reactiva*.
- Maratón, F. d. (2017). *G-SE (Grupo Sobre Entrenamiento)*. Obtenido de <https://g-se.com/fisiologia-del-maraton-bp-j59c53dab305f0>
- Martin, G. D. (May 2001). Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? *Published: May*.
- Miethe, P. e. (2003).
- Millan, F. N. (28 de Mayo de 2014). *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14047717>

- Moeslund, P. F. (s.f.). Classification of Gait Types Based on the Duty-Factor. *Laboratory of Computer Vision and Media Technology*.
- Olav Vikmoen, T. R. (2016). Efectos del entrenamiento de fuerza pesado sobre el rendimiento de la carrera y determinantes del rendimiento de la carrera en atletas de resistencia mujeres. *publice*, 2.
- Orozco, D. g. (2018). Entrenamiento de la fuerza para la mejora de la economía de Carrera en Corredores Amateur. 6-10.
- Ortega, C. (s.f.). *Questión pro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-investigacion-cuantitativa/>
- Palladino, S. (July 25, 2018). Understanding Powermeter Metrics. *Palladino Power Project*.
- Pedro Delgado Floody, A. O. (2012). Análisis del desarrollo de la fuerza reactiva y saltabilidad, en basquetbolistas que realizan un programa de entrenamiento polimétrico. *Revista Motricidad y Persona: serie de estudios*,.
- Perdomo, L. R., García, S., Zúñiga, J., & Peña, O. R. (2015). Importancia Del Índice De Fuerza Reactiva En La Actividad Física, Como Método De Prevención De Lesiones Articulares. *EXPOMOTRICIDAD*.
- Pino, C. G. (2012). Entrenamiento de fuerza en corredores recreativos (Trabajo final integrador). *Presentada en Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación para optar al grado de Especialista en Programación y Evaluación del Ejercicio*.
- Pueo, L. J.-O. (2017).
- Ramírez, E. S. (2016). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza unilateral o bilateral sobre el rendimiento en gestos de fuerza velocidad y la asimetría bilateral en jóvenes futbolistas.

Rivarés, B. P. (2022). Efectos del Entrenamiento en la zona de velocidad absoluta en el Press DE. *UPF*, 3-4.

Sánchez, C. A. (2023). *Reserch gate*. Obtenido de Las pruebas de normalidad: https://www.researchgate.net/publication/366922523_Las_pruebas_de_normalidad/link/63b8bb92c3c99660ebd45832/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

Souza, R. B. (2016). Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis. *Physical Medicine Rehabilitation*.

Soymaratonista. (s.f.). *soymaratonista*. Obtenido de <https://soymaratonista.com/maraton-medellin-25-anos-haciendo-historia-en-el-atletismo-nacional-e-internacional-2/>

Svedenhag. (2000). Factors affecting long-distance running performance.

Verkhoshansky. (2009).