



TRABAJO FINAL DE GRADO

COMPARACIÓN EN LA TÉCNICA DE CARRERA EN CORREDORES POPULARES: CORRER CON APOYO DE ANTEPIÉ O RETROPIÉ

*COMPARISON IN RUNNING TECHNIQUES
IN POPULAR RUNNERS: RUNNING WITH
SUPPORT OF FOREFOOT OR HINDFOOT*

AUTOR

JORGE BENEDICTO GARCÍA

DIRECTORA

EVA M^a GÓMEZ TRULLEN

Facultad Ciencias de la Salud y del
Deporte

Universidad de Zaragoza

Fecha de entrega

19/06/2020

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| HIPOTESIS Y OBJETIVOS PLANTEADOS | 8 |
| MATERIAL Y MÉTODOS | 9 |
| RESULTADOS | 16 |
| DISCUSIÓN | 24 |
| LIMITACIONES | 29 |
| CONCLUSIONES | 30 |
| CONCLUSIONS | 31 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 32 |
| ANEXOS | 36 |

RESUMEN

En la actualidad, hay muchas investigaciones sobre las diferencias de correr descalzo y calzado y cual es más eficiente. Desde hace unos años, se dice que el correr con el apoyo del antepié es más efectivo que con el retropié. Por lo tanto nuestro objetivo es valorar las diferencias y la eficacia de estos dos tipos de apoyo para la técnica de carrera en corredores populares siempre calzados. En el estudio, participaron 22 corredores, 16 de ellos eran populares, que realizaban las pruebas con apoyo de antepié (GPA), y retropié (GPR). Los otros 6 restantes, son corredores semiprofesionales (GS) que se utilizaron como grupo control de rendimiento y técnica de antepié. Se valoraron posibles patologías que pudieran afectar a la técnica de carrera como podría ser una disimetría de piernas o el acortamiento del tendón de Aquiles, se registraron parámetros cinemáticos propios de la técnica de carrera mediante el Optogait y otras variables para valorar la economía de esfuerzo en una prueba de campo (FC y t°/Km). La estadística se realizó con el software SPSS 26 y se estableció el valor de significación verdadera en $p < 0.05$. Los resultados reflejan una gran diferencia significativa en todos los parámetros cinemáticos estudiados entre GPA y GPR, obteniendo en todos ellos una diferenciación significativa $p < 0.004$. Comparando con GS, se observa que GPA obtiene valores muy parecidos a GS, y GPR vuelve a registrar diferencias significativas en la gran mayoría de parámetros cinemáticos. En cuanto a la economía de carrera, se observan diferencias entre el grupo de populares y de semiprofesionales $p < 0.001$ para todos los tiempos por kilómetro. Los parámetros registrados concluyen que GPA registra valores más parecidos a GS y característicos de un mayor rendimiento (mayor ritmo, velocidad, zancada, tiempo de vuelo, altura del paso y menor tiempo de contacto). Por otra parte, para la economía de esfuerzo, no hay grandes diferencias entre las dos tipos de apoyo para los corredores populares pero se registran valores más favorables al realizar la carrera con apoyo de antepié debido a un mantenimiento y disminución de las pulsaciones y del tiempo por km respecto a los km anteriores que se realizan con apoyo de retropié. Tras la observación de los resultados se concluye que la técnica de carrera con apoyo de antepié muestra mejores parámetros y es más efectiva y eficiente que con apoyo de retropié.

ABSTRACT

Currently, there are a lot of research on the differences between barefoot running and footwear and which is more efficient. For a few years ago, running with the forefoot supported has been said to be more efficacious than hindfoot. Therefore, our objective is to assess the differences and the effectiveness of these two kinds of support for running technique in popular runners always wearing shoes. Moreover, another aim is to appreciate what type of support is like semi-professional runners. In the study, 22 runners participated, 16 of them were popular, who performed the tests with forefoot support (GPA), and hindfoot (GPR). The other 6 were a control group of semi-professional runners (GS). Possible pathologies that could affect the running technique such as leg dysmetria or Achilles tendon shortening were assessed, kinematic parameters of the running technique were recorded using the Optogait and other variables to evaluate the economy of effort in a field test (FC and t^0 / Km). The statistic was carried out with the SPSS 26 software and the true significance value was established at $p < 0.05$. The affected results are a large significant difference in all the kinematic parameters studied between GPA and GPR, obtaining in all of them a significant differentiation $p < 0.004$. Comparing with GS, it is observed that GPA obtains values very similar to GS, and GPR registers significant differences in the vast majority of kinematic parameters. Regarding the running economy, differences are observed between the group of popular and semi-professionals $p < 0.001$ for all times per kilometre. The recorded parameters conclude that GPA records values more similar to GS and characteristics of higher performance (higher pace, speed, stride, flight time, step height and shorter contact time). On the other hand, for the economy of effort, there are no great differences between the two types of support for popular runners, but more favourable values are registered when performing the race with forefoot support due to a maintenance and decrease of the pulsations and the time per km with respect to the previous km that are performed with rearfoot support. After observing the results, it is concluded that the running technique with forefoot support shows better parameters and it is more effective and efficient than with hindfoot support.

INTRODUCCIÓN

El deporte está evolucionando y cada vez hay una mayor participación por parte de la humanidad. Blanco, S.(1) afirma que el deporte como fenómeno social es un hecho reciente, se podría decir que es patrimonio del siglo XX, pero no debemos olvidarnos de la realidad primigenia del deporte. La evolución del deporte, ha hecho que tengamos 3 maneras de entender el deporte: “Deporte pedagógico”, “Deporte para todos” y “Deporte Competición. Este estudio, se centra en “Deporte para todos”, el cual se entiende como aquellas actividades físico deportivas que, en personas generalmente adultas, propicia valores de tipo higiénico, social, ocupacional, etc.

Se centra en esta concepción del deporte ya que se evalúa a personas que realizan la actividad física de correr por placer, sin buscar ganar una carrera, es decir, corren para sentirse bien con su cuerpo, por mantener una buena salud y evitar enfermedades propias del sedentarismo.

Por otro lado, se entiende por running a la actividad de correr, de ir a algún lugar rápidamente, como deporte o placer y que ocupa en la actualidad un espacio fundamental para nuestra sociedad. Esta actividad suele realizarse por asfalto o terrenos de aire libre en los que no hay desniveles significativos. En cambio, si se realizara por terreno montañoso con desnivel, estaríamos hablando de “trail running”. El running se identifica por su carácter popular y las competencias recreativas, aunque en ocasiones se relacionan con el atletismo debido a que siempre ha estado vinculado a la carrera a pie (2).

Este estudio se realizó sobre el running debido al gran auge que está teniendo en la actualidad. Como menciona Gil, J. (3) la explosión del running es debido a varios indicadores, como la masividad en carreras, paisajes costeros llenos de corredores, coberturas de esta actividad física en medios de comunicación, etc. Este auge, forma parte de la proliferación de las nuevas formas de sociabilidad en el mundo. Salir a correr, es característico de deportistas en solitario, pero actualmente es una práctica colectiva de notable masividad, debido a la difusión de esta actividad por medio de las nuevas tecnologías y medios de comunicación.

En el running, este tipo de corredores no solo lo hacen por poseer una mejor calidad de vida y por su salud, sino que en la mayoría de los casos se proponen objetivos y metas que les hace continuar con la actividad y superarse día a día, como por ejemplo, marcarse un tiempo para unos determinados km, aumentar su resistencia al ejercicio aeróbico, etc. Para ello, cuanto mejor sea la técnica de carrera, más eficientes van a ser. Como menciona Brigaud, F. (4), la postura que adoptemos al correr, puede ser más o menos eficiente y fisiológica, por tanto, hay que tener la capacidad de mantener una colocación eficiente y fisiológica de las diferentes partes del cuerpo. Por todo ello, es importante conocer la técnica de carrera para mejorarla, evitar lesiones y tener un mayor rendimiento y estímulo para continuar con la actividad. En este trabajo, se estudió la técnica de carrera en corredores populares en función del tipo de pisada: Realizando un apoyo total del pie (retropié) o único apoyo en antepié. Además se contó con un grupo control de corredores semiprofesionales.

Por una parte, los corredores populares se pueden definir como aquellos que buscan la satisfacción que produce, la mejora y mantenimiento de la salud, la importancia del mantenimiento físico y mental para estas personas, además del afán de superación de sus objetivos y metas. Suelen contar con el running como forma de vida, entretenimiento y crecimiento. (5). También se pueden definir como aquellos corredores que utilizan la carrera como un medio para disfrutar y de satisfacción personal, realizando entrenamientos más o menos estrictos para conseguir objetivos aleatorios o prefijados, los cuales le servirán como un medio de motivación para seguir corriendo (6).

Los corredores populares desarrollan la actividad deportiva solo por afición, ocio, salud y utilidad física, es decir, sin afán de lucro o sin buscar una compensación económico aun cuando estén en un club, cuenten con licencia federativa e independientemente se realice de forma regular e incluso con la participación en competiciones oficiales.

Por otra parte, entendemos por deportistas semiprofesionales a aquellos que tienen cierto carácter profesional y tienen como objetivo llegar a conseguir unas metas con el fin de poder ganarse la vida, premios, becas, etc. Consideramos a estos deportistas como corredores con competencia a nivel nacional, es decir,

son competitivos en el territorio nacional, pudiendo realizar pruebas internacionales sin transcendencia (6).

Como ya se ha comentado anteriormente, la técnica es un factor importante a tener en cuenta. Algunos estudios, como el realizado por Folland, J. (7), en el que estudia la relación entre las medidas cinemáticas individuales de la técnica con la economía de carrera y el rendimiento, demuestra que la técnica explica una proporción sustancial de la varianza en la economía del esfuerzo y rendimiento, y los entrenadores deben de estar atentos a aspectos como la zancada y las extremidades inferiores para optimizar el movimiento.

Muchos autores, estudian las diferencias en la carrera en función de si llevan calzado o no para la práctica deportiva. Para ello, se estudian los efectos de correr descalzo y con zapatillas en corredores con apoyo de retropié y de antepié (8) (9). Sin embargo, se encuentran pocos estudios de las diferencias en función del tipo de pisada en el que los participantes del estudio estén calzados, aspecto que debería de considerarse debido a que estos deportistas normalmente realizan la actividad con zapatillas.

Desde otro punto de vista, se observan estudios que valoran la fuerza de reacción de los pies sobre el suelo para diferenciar una pisada de otra. Para ello utilizan plataformas de presiones y obvian parámetros importantes de la carrera como pueden ser la longitud de la zancada, el tiempo de vuelo o el tiempo de contacto (10). Otros artículos, como el realizado por Hernandez-Gervilla, O. (11), estudian variables cinemáticas, pero lo realizan en tapiz rodante y todos los participantes del estudio a una misma velocidad, por lo que pierde fiabilidad debido a que cada persona tiene una velocidad de carrera. Igual que el estudio realizado por Ogueta, A. (12) en el que para valorar la economía de esfuerzo en función de la pisada toma datos del VO₂max y umbrales aeróbico y anaeróbicos, pero realizan la prueba en tapiz rodante con una plataforma de contacto láser insertada en un tapiz rodante y conectada a un software específico, obviando como en el estudio anterior las condiciones características de una carrera como la variación del ritmo, etc.

Debido a encontrar pocos artículos en el que se valoran las diferencias cinemáticas de un tipo de pisada con respecto a otras en grupos de deportistas

calzados, y para servir de orientación a entrenadores tanto de corredores populares como atletas, se realizó este estudio como practicante del deporte y admiración por la biomecánica. Se pretendió observar que tipo de apoyo ofrece unos mejores parámetros y una mejor economía de carrera, es decir, que tipo de pisada nos ofrece tener una mejor técnica de carrera.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS PLANTEADOS

Hipótesis

Existe diferencia, en determinados parámetros biomecánicos y en la economía de carrera, entre las dos técnicas de carrera: apoyo antepie o pie completo (retropie) en corredores populares. La técnica de apoyo del antepie es similar a la de corredores semiprofesionales.

Objetivos

El objetivo principal fue determinar si existe diferencia, en determinados parámetros biomecánicos y en la economía de carrera, entre las dos técnicas de carrera: apoyo antepie o pie completo (retropie) en corredores populares. Y comprobar qué técnica es similar a la practicada por los corredores semiprofesionales

Como objetivos secundarios a conseguir en este estudio se plantearon los siguientes:

- Analizar características antropométricas y parámetros biomecánicos en los deportistas del grupo de corredores populares para los dos tipos de apoyo y en el grupo de corredores semiprofesionales en su técnica habitual de carrera.
- Observar diferencias de los parámetros anteriores entre cada tipo de apoyo en corredores populares y entre el grupo de corredores semiprofesionales.
- Valorar la economía de esfuerzo al correr con cada tipo de apoyo en corredores populares y corredores semiprofesionales.
- Observar las diferencias de la economía de esfuerzo entre cada tipo de apoyo en corredores populares, así como las diferencias de estos con la que realizan los corredores semiprofesionales.
- Conocer el tipo de apoyo de los corredores populares que tiene más semejanzas biomecánicas con los corredores semiprofesionales, así como un rendimiento mejor. Este conocimiento servirá los entrenadores o preparadores físicos para aplicarlo en sus entrenamientos tanto en corredores populares como en corredores con niveles superiores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material

- Cinta métrica antropométrica.
- Camilla.
- Báscula y tallímetro SECA.
- App Dorsiflex.
- Sistema de valoración cinemática Optogait.
- Cámara de video con velocidad lenta.
- Pulsómetros Garmin Vivoactive HR, Garmin Forerunner 45S y Polar M430
- Sistema estadístico SPSS 26.

Muestra

En este estudio participaron 22 corredores, 16 de ellos eran corredores populares, los 6 restantes, corredores semiprofesionales. Todos ellos realizaban salidas o carreras de media/larga distancia.

Los criterios de inclusión para participar en el estudio fueron los siguientes:

- Edad e IMC
- Sexo masculino
- Los corredores populares debían llevar al menos 1 año realizando actividad física con un mínimo de 150 min/sem, de los cuales la mayoría corriendo.
- Los corredores semiprofesionales debían de haber competido durante el último año a nivel nacional en las disciplinas de media/larga distancia.
- Todos los corredores populares debían de utilizar la técnica de apoyo de retropié y los corredores semiprofesionales apoyo de antepié.

En principio, se buscó corredores populares con técnica de apoyo de antepié, pero debido a la poca muestra de esta población que utiliza esta técnica se decidió que los mismos corredores realicen los 2 tipos de apoyo.

Método

Antes de comenzar el estudio, se presentó en la Universidad de Zaragoza el tema de estudio, el cual fue aceptado. Posteriormente, se lleva la propuesta a Podoactiva Walqa (Sede Central), situada en el Parque Tecnológico Walqa (Cuarte), lugar en el que se realiza el estudio cinemático y en el que también es aceptada la propuesta.

Una vez aceptada la propuesta por las 2 partes, comienza la búsqueda de los participantes. Se realizó una prueba de carrera para visualizar el tipo de apoyo que realizan y se escogió a los participantes para el estudio, se les fue llamando y acudieron a Podoactiva Walqa para hacerse el estudio.

En primer lugar, se recibió al deportista, se le presenta y se leyó el consentimiento informado (Anexo 1) en el que se explica las diferentes pruebas que se le va a realizar. Además, se le comunicó para que se van a utilizar los datos recogidos y que autoriza la utilización de sus datos para posibles estudios posteriores de investigación o resultados estadísticos. Por último, se le informó que puede dejar el estudio en cualquier momento debido al carácter voluntario que posee. Así pues, todos los participantes rellenaron y firmaron el consentimiento para poder continuar con el análisis de los datos.

Posteriormente se recogieron algunos datos como la edad, la lateralidad, el nivel que posee, los años que lleva practicando esta disciplina y las horas semanales que dedica a entrenar e información sobre su vida deportiva.

Seguidamente, se realizó una valoración física de su peso y talla, para calcular a partir de estos valores el IMC. Para su valoración, se utiliza la báscula y tallímetro de la marca SECA, ambos con una alta precisión.

A continuación, se realizó una valoración antropométrica de las extremidades inferiores. También se efectuó en la camilla una valoración de la disimetría de piernas. Posteriormente, se comprobó el acortamiento del tendón de Aquiles y los perímetros de los muslos y de la pantorrilla.

En cuanto a la valoración de la disimetría de piernas, se le realizó en camilla la maniobra de Weber-Barstow (Imagen 1). Para realizar esta maniobra, el sujeto se coloca en decúbito supino con las caderas y rodillas flexionadas y los pies apoyados en la camilla, se



Imagen 1. Maniobra Weber-Barstow

Aguilar, E. (2017). *Diferencias de longitud entre miembros inferiores y su relación con el pie*

colocan los pulgares tocando los maléolos internos del tobillo y se le pide al sujeto que eleve la pelvis 3 veces, una vez realizado los movimientos, se le extiende las extremidades inferiores y si los dedos quedan a distinto nivel, existe disimetría de piernas (13). La disimetría de piernas se valora porque puede ocasionar en el corredor una alteración de la marcha, dolores de espalda como la lumbalgia y también puede ocasionar escoliosis. Si la disimetría no es grande, puede ser compensada por el sujeto sin tener alteraciones (14).

Siguiendo con la valoración de parámetros antropométricos, para medir los perímetros de las piernas se siguen las recomendaciones de ISAK (15). En primer lugar, se mide el perímetro del muslo (Imagen 2), el sujeto se coloca relajado con los pies separados y brazos cruzados en el torax, el peso repartido entre los dos pies, y se mide la circunferencia en el punto medio trocantereo tibial del muslo(16).



Imagen 2. Perímetro muslo

Canda, A. S. (2012). *Variables antropométricas de la población deportista española*

En segundo lugar, se mide el perímetro de pierna (Imagen 3), el sujeto esta relajado con los brazos colgando por los lados, los pies separados y peso distribuido uniformemente, se mide la circunferencia máxima de la pierna (16).



Imagen 3. Perímetro pierna

Canda, A. S. (2012). *Variables antropométricas de la población deportista española*

A continuación, el acortamiento del tendón de Aquiles se midió mediante la App My Rom , disponible para dispositivos con sistema iOS, y creada por el Doctor Balsalobre, C. La prueba consiste en colocar una rodilla apoyada en el suelo y la otra rodilla a 90°. Con el pie apoyado en el suelo y sin levantar el talón se desplaza la rodilla hacia adelante el máximo posible (Imagen 4). Para la valoración, el móvil se coloca recto en la rodilla y al adelantar la rodilla, marcará el ángulo de dorsiflexión de tobillo, si es menor de 40°, se refleja que hay un acortamiento del tendón de Aquiles (Imagen 5).

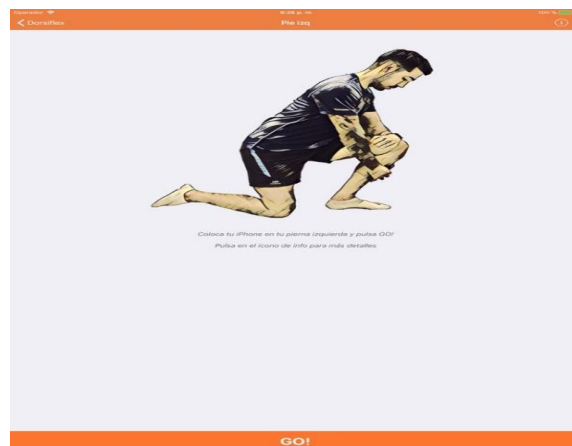


Imagen 4. Demostración de la prueba

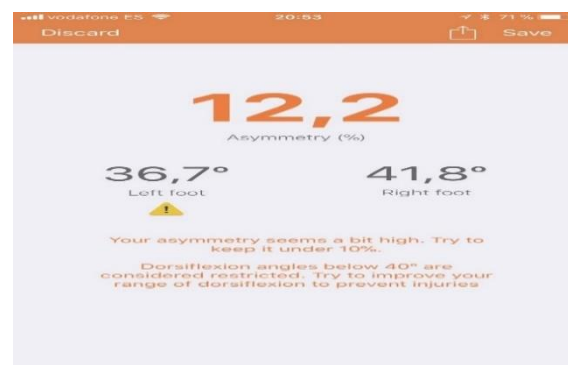


Imagen 5. Resultados de la prueba

Esta App, ha sido investigada para ver su validez y confiabilidad, así pues, está validada científicamente en Journal Citation Reports (JCR) para medir el rango óptimo de movimiento de articulaciones gracias al giroscopio 3D de los dispositivos.

En el estudio de validación se realizó la medición de la dorsiflexión con un inclinómetro digital profesional y la App, se compararon 120 ángulos medidos de ambos para fines de validez, confiabilidad y precisión. Hubo una correlación casi

perfecta entre el inclinómetro digital y la App. Al analizar la confiabilidad, se observaron coeficientes de variación similares entre ambos tipos de mediciones, por lo que los resultados mostraron que la dorsiflexión de tobillo puede evaluarse de manera fácil, precisa y confiable utilizando dicha App (17).

Luego, pasamos a realizar la prueba con el Optogait, se trata de un sistema de fotocélula en el suelo introducido con una pasarela electrónica validada para la evaluación de los parámetros espacio-temporales, y mostrando una alta validez discriminante y concurrente tanto en controles a pacientes ortopédicos como en controles sanos (18). Además, es un sistema de obtención de datos que está compuesto por barras de 1 metro unidas a cada lado de la pista, una es la transmisora y otra la receptora. El lugar en el que se realiza la prueba consta de 10 barras a cada lado, lo que constituyen los 10 metros. Cada barra, tiene 96 leds infrarrojos ubicados en la barra transmisora y se comunican continuamente con los leds ubicados en la barra receptora. El sistema detecta interrupciones y su duración en los pasos del corredor que es lo que proporciona los datos necesarios. Este sistema, permite la obtención con máxima precisión y en tiempo real de parámetros relacionados al rendimiento del atleta (19). Por otra parte, ofrece datos globales de todos los pasos, registra parámetros individualmente de cada pierna y se puede observar la asimetría entre ambas. Por lo tanto, mediante el Optogait se ha podido realizar el estudio de la técnica de carrera de cada individuo a partir de la obtención de datos de los parámetros cinemáticos que son característicos de la técnica de carrera. Esto, permite realizar una valoración para observar las diferencias entre un tipo de apoyo u otro tanto de manera individual, como global entre toda la muestra del estudio. Al finalizar la prueba, el sistema crea una tabla con los datos registrados (Anexo 2). Registraremos los siguientes datos del Optogait:

- Longitud de paso (cm)
- Longitud de zancada (cm)
- Tiempo de vuelo (seg.)
- Tiempo de contacto (seg.)
- Altura de vuelo (cm)
- Velocidad media (m/s)

- Ritmo (pasos/min)

Este sistema cuenta con una cámara de video de alta velocidad situada en uno de los extremos para grabar al corredor por la parte anterior y posterior. Esta cámara permite registrar las imágenes de la evaluación realizada, sincronizándola con los datos obtenidos y realizar un análisis profundo de los videos, como por ejemplo ver la posición de un paso que ha destacado por encima de los otros, etc. Además, todos estos videos y datos se recogen en una base de datos y se guardan para poder consultarlos en cualquier momento y comparar varios estudios de una misma persona para observar diferencias. Esto, nos sirve de mucha utilidad para nuestro estudio, ya que se compara a una misma persona en dos tipos de apoyo diferentes.

La prueba consiste en realizar 6 veces un recorrido de 25 metros en el que los 10 metros centrales se encuentran las barras del Optogait. Gracias a esto, no se cogen datos en la aceleración y desaceleración.

Por otra parte se realizan videos en cámara lenta mientras corre por el optogait desde 2 perspectivas diferentes, desde la frontal y lateral.

Los videos sirven para observar el tipo de apoyo que utilizan, el tipo de pisada (pronador, supinador o neutro), la forma de la rodilla (varo, valgo o normal) y para controlar que apoyen correctamente el correr de antepié.

Para acabar con el estudio con los participantes, pasamos a la prueba de campo. Para ello, durante varios días, se reunieron a los participantes en función de su disponibilidad. La prueba consistía en realizar 6 km en un terreno llano como es la pista de atletismo (15 vueltas) a la velocidad normal de cada corredor en carrera. Los corredores semiprofesionales no tenían ninguna premisa a seguir, simplemente correr como si se tratara de una carrera y con la técnica que siempre utilizan. En cambio, los corredores populares tenían otras premisas con el objetivo de estudiar la economía del esfuerzo en los distintos tipos de apoyo. Por tanto, estos corredores debían realizar los primeros 4 km con su velocidad y su técnica de carrera normal, sin embargo, los 2 últimos km debían correr con apoyo de antepié.

El día de la prueba, los corredores acudieron a las pistas de atletismo de la Ciudad Deportiva Municipal “José María Escriche” en Huesca. A cada uno se les explicó que tenían que realizar los 6 km a su velocidad normal de carrera y los datos que se necesitan obtener para el estudio, que son los siguientes:

- Frecuencia cardiaca al inicio de la prueba y a los km 2, 3, 4, 5 y 6.
- Tiempo en los km 2, 3, 4, 5, 6 y el tiempo total

Por último, se realiza la recogida de datos para poder realizar el análisis estadístico. Para ello, los datos recogidos de todas las variables estudiadas y separadas por grupos de estudio (corredores populares retropié, corredores populares antepié y corredores semiprofesionales), se pasan a una tabla de Microsoft Excel. Una vez registrados todos los datos, se pasa a realizar el análisis estadístico en el programa SPSS 26.

Análisis estadístico

Se realizó en primer lugar un análisis descriptivo de las variables a estudio. Las variables cualitativas se describen con frecuencias relativas en porcentajes (%), mientras que las variables cuantitativas se describen utilizando la media aritmética, la desviación estándar.

Para estimar la posible asociación entre dos variables cualitativas se utilizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson. Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra se realizó la prueba de Shapiro-Wilk ($n < 50$) para determinar si las variables a estudio siguen una distribución normal. En este caso se cumple el criterio de normalidad por lo que se han aplicado las pruebas paramétricas: T de student para variables independientes y Anova de un factor y prueba por pares.

Para estudiar la relación entre dos variables cuantitativas se utilizó la correlación de Pearson.

En todos los casos se considerarán significativos valores de “p” inferiores a 0,05.

Para toda la investigación se utilizará el programa estadístico IBM SPSS Stastics v26.

RESULTADOS

En relación con la muestra estudiada, tras la realización del análisis estadístico, obtenemos los siguientes resultados:

Tras la visualización de los resultados, se observa que nos encontramos ante dos grupos en el que se registran valores similares para las variables cuantitativas independientes (edad, peso, altura e IMC). Podemos concluir que el grupo de corredores populares son 1 año más jóvenes que los semiprofesionales y se registran unas diferencias de 0,5 cm y 2kg para la altura y peso respectivamente. Por lo tanto, por la similitud entre grupos para la altura y el peso, se obtienen valores parecidos en el IMC en ambos grupos. Debido a la poca diferencia existente en los valores medios de estas variables, no se refleja ninguna diferencia significativa. Lo mismo ocurre para las medidas antropométricas (perímetro de muslo y perímetro de pierna), se obtienen valores muy parecidos entre ambos grupos para las cuatro medias registradas por lo no hay diferencias significativas. (Tabla 1)

Por otro lado, al igual que ocurre con las variables cuantitativas mencionadas anteriormente, en las variables independientes cualitativas (dismetría, tipo de pisada y forma de rodilla), tampoco se evidencia diferencias significativas para ninguna de ellas. (Tabla 1)

Tras los resultados y diferencias observadas entre ambos grupos mediante este estudio descriptivo para las variables independientes, podemos concluir que se tratan de grupos homogéneos que se pueden comparar porque no existe ninguna diferencia significativa entre grupos $p > 0.05$ para estas variables.

Tabla 1: Estudio descriptivo e inferencial de los grupos a estudio para variables independientes.

| | | POPULAR | SEMIPROFESIONAL | |
|--------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|----|
| VARIABLES | | MEDIA \pm DESV TIP. | MEDIA \pm DESV TIP. | P |
| Edad | | 22,63 \pm 1,28 | 23,5 \pm 1,76 | ns |
| Altura (cm) | | 179,13 \pm 7,08 | 178,67 \pm 3,07 | ns |
| Peso (kg) | | 75,74 \pm 10,51 | 73,8 \pm 4,35 | ns |
| IMC (kg/m ²) | | 23,51 \pm 2,05 | 23,16 \pm 1,83 | ns |
| PMusloD (cm) | | 55,28 \pm 4,16 | 54,83 \pm 1,72 | ns |
| PMusloND (cm) | | 54,62 \pm 4,29 | 54,58 \pm 2,01 | ns |
| PpiernaD (cm) | | 37,78 \pm 2,85 | 37,83 \pm 1,47 | ns |
| PpiernaND (cm) | | 37,53 \pm 2,72 | 37,16 \pm 1,69 | ns |
| Disimetría % | | | | |
| | Derecha corta | 56,3% | 33,3% | ns |
| | No disimetría | 43,8% | 66,7% | |
| Tipo de pisada % | | | | |
| | Pronador | 56,3% | 16,7% | ns |
| | Supinador | 18,8% | 16,7% | |
| | Neutro | 25% | 66,7% | |
| Forma de la rodilla % | | | | |
| | Valgo | 25% | 0% | ns |
| | Varo | 18,8% | 0% | |
| | Normal | 56,3% | 100% | |

DESV TIP.= Desviación Típica; $p < 0.05$ significatividad estadística; ns=no significativo; IMC= Índice de Masa Corporal; PMusloD= Perímetro muslo dominante; PMusloND= Perímetro muslo no dominante; PpiernaD= Perímetro pierna dominante; PpiernaND= Perímetro pierna no dominante.

Para una correcta valoración de los resultados registrados en relación con los parámetros característicos de la técnica de carrera y para observar las diferencias entre grupos, las variables cuantitativas del optogait, se estudiaron a través de una comparación por pares entre los 3 grupos estudiados. Se estudiaron las diferencias significativas entre GPA y GPR; y posteriormente se observó si estas diferencias se mantenían al comparar tanto GS con GPA, como GS con GPR.

En cuanto a la longitud del paso, el Grupo de Semiprofesionales (GS) y el Grupo de Populares de Antepié (GPA) obtienen valores muy similares para ambas

piernas, lo que determina que no hay diferencias significativas entre estos grupos. En cambio, el Grupo Populares de Retropié (GPR) registran 152 y 153cm para la pierna dominante y no dominante respecto a los 165cm aproximados de los otros grupos. Esto determina una diferenciación significativa $p=0,002$ y $p=0,003$ con GPA y diferencias significativas con GS de $p=0,028$ y $p=0,047$ para pierna dominante y no dominante respectivamente. (Tabla 2)

Fijándose en la longitud de zancada, encontramos valores más variados para los 3 grupos, pero obviamente GPR obtienen los valores más bajos. Únicamente se encuentran diferencias significativas entre GPA y GPR al observar una diferencia de 27 y 22cm entre grupos que concluyen con diferencias significativas de $p=0,003$ y $p=0,026$ para pierna dominante y no dominante respectivamente. (Tabla 2)

De la misma manera, los resultados relativos al tiempo de vuelo desvelan que GPR registran los valores más pequeños con 0,12 segundos para ambas piernas. GS obtiene los valores más altos con 0,175 y 0,171 segundos y GPA registran resultados de 0,146 y 0,147 segundos para la pierna dominante y no dominante respectivamente. Estos resultados concluyen que hay diferencias significativas entre todos los grupos estudiados. Hay una diferencia de 0,029 y 0,023 segundos entre GS y GPA, que concluye con una diferenciación significativa entre grupos al reflejar $p=0,012$ y $p=0,036$ para pierna dominante y no dominante respectivamente. También se refleja grandes diferencias significativas entre GS y GPR al mostrar para ambas piernas $p<0,001$. Por último, entre ambos grupos de corredores populares, tras reflejar una diferencia de 0,026 segundos, se establece $p=0,003$ para ambas piernas. (Tabla 2)

A diferencia de los resultados anteriores, en cuanto al tiempo de contacto, GPR obtienen valores aproximados a 0.244 segundos, siendo superior a los 0.209 y 0.190 segundos de GPA y GS respectivamente. Los 3 grupos obtuvieron resultados similares para ambas piernas, demostrando diferencias significativas tanto en la comparación entre GPA y GPR, como entre GS y GPR. Se refleja $p=0,004$ y $p=0,001$ respectivamente. (Tabla 2)

Respecto a la diferencia de la altura alcanzada al dar los pasos, observamos que los resultados más altos los obtienen GS con valores de 3 cm. Los dos grupos

de populares obtienen valores más pequeños, con 1.86 y 1.77 cm en GPR y 2.57 y 2.51cm en GPA para la pierna dominante y no dominante respectivamente. Esto vuelve a determinar diferencias significativas entre ambos grupos de corredores populares y entre GS y GPR. Se observa que GPA y GS obtiene aproximadamente 0,73cm y 1,20cm mayor altura que GPR, resultados que concluyen con $p=0,004$ y $p=0,001$ respectivamente tanto para pierna dominante como no dominante. (Tabla 2)

Lo mismo ocurre con la velocidad media, GPR registra una velocidad de 4.24 m/s a diferencia de los 4.77m/s y 4.79m/s de GPA y GS, lo que hace que también se reflejen diferencias significativas entre GPR y los otros grupos. Se obtiene una $p<0,001$ con GPA y $p=0,004$ con GS. (Tabla 2)

Por último, en cuanto a los valores registrados en el ritmo de pasos por minuto. El valor medio de GPR es 167 pasos/min, resultado bastante menor debido a los 181 y 182 pasos/min de GPA y GS respectivamente. Estos últimos, obtienen resultados casi idénticos. En este parámetro vuelven a registrarse diferencias significativas entre los mismos grupos que en los parámetros anteriores. Los resultados concluyen con una $p=0,001$ entre GPA y GPR por una parte y $p=0,007$ entre GS y GPR por otra parte. (Tabla 2)

Se puede concluir que existen diferencias significativas $p<0,05$ para todos los parámetros estudiados entre GPA y GPR, los cuales se mantienen la gran mayoría al comparar GPR con GS. En cambio, al analizar las diferencias entre GPA con GS, se observa que solo presentan diferencias significativas en un parámetro cinemático. (Tabla 2)

Tabla 2: Estudio descriptivo e inferencial para las variables cuantitativas relativas a los parámetros cinemáticos y comparación por pares (ANOVA).

| VARIABLES | RESULTADOS PARÁMETROS CINEMÁTICOS | | | DIFERENCIACIÓN ESTADÍSTICA POR PARES | | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------|--------------|
| | GPR | GPA | GS | GPA – GPR | GS – GPR | GS – GPA |
| | MEDIA ± DESV. TIP. | MEDIA ± DESV. TIP. | MEDIA ± DESV. TIP. | P | P | P |
| Long.pasoD (cm) | 152,18 ± 14,13 | 165,82 ± 10,99 | 165,18 ± 3,89 | 0,002 | 0,028 | ns |
| Long.pasoND (cm) | 153,1 ± 14,60 | 166,78 ± 10,48 | 164,84 ± 4,92 | 0,003 | 0,047 | ns |
| LongZancD (cm) | 295,58 ± 27,25 | 323,23 ± 25,54 | 316,08 ± 9,57 | 0,003 | ns | ns |
| LongZancND (cm) | 299,20 ± 32,79 | 321,5 ± 24,29 | 315,48 ± 12,62 | 0,026 | ns | ns |
| T.VueloD (seg.) | 0,120 ± 0,021 | 0,146 ± 0,263 | 0,175 ± 0,013 | 0,003 | <0,001 | 0,012 |
| T.VueloND (seg.) | 0,121 ± 0,227 | 0,147 ± 0,025 | 0,171 ± 0,010 | 0,003 | <0,001 | 0,036 |
| T.Cont.D (seg.) | 0,243 ± 0,036 | 0,209 ± 0,027 | 0,190 ± 0,017 | 0,004 | 0,001 | ns |
| T.Cont.ND (seg.) | 0,244 ± 0,038 | 0,209 ± 0,030 | 0,189 ± 0,012 | 0,004 | 0,001 | ns |
| Altura.D (cm) | 1,86 ± 0,59 | 2,57 ± 0,76 | 3,03 ± 0,56 | 0,004 | 0,001 | ns |
| Altura.ND (cm) | 1,77 ± 0,62 | 2,51 ± 0,74 | 3 ± 0,66 | 0,004 | 0,001 | ns |
| Vel.media (m/s) | 4,24 ± 0,45 | 4,77 ± 0,34 | 4,79 ± 0,1 | <0,001 | 0,004 | ns |
| Ritmo (pasos/min) | 167,71 ± 11,84 | 181,01 ± 10,17 | 182,25 ± 7,12 | 0,001 | 0,007 | ns |

DESV TIP.= Desviación Típica; p<0.05 significatividad estadística; ns=no significativo; D= Dominante; ND= No Dominante; Long.paso= Longitud de paso; LongZanc= Longitud Zancada; T.Vuelo= Tiempo de Vuelo; T.Cont= Tiempo Contacto; Vel.media= Velocidad media.

Analizando la economía de esfuerzo, cabe recordar que en la prueba se realizaron los primeros 4km con apoyo de retropié y los 2 últimos km con apoyo de antepié, y se registraba la frecuencia cardiaca y el tiempo por kilómetro. Se puede observar en los resultados obtenidos que para la frecuencia cardiaca no hay diferencias significativas entre grupos en ninguno de los kilómetros. En cambio, sí se reflejan diferencias significativas por debajo de 0.001 en todos los tiempos por kilómetro y en el tiempo total de la prueba, se observa que GS realiza aproximadamente 80 segundos más rápido el kilómetro y 477 segundos el recorrido total. (Tabla 3)

Aunque no se establezcan grandes diferencias, analizando solo los resultados del grupo de corredores populares, queda reflejado que los 4 primeros kilómetros se realizan a menor velocidad que los 2 últimos que se realizan con apoyo de antepié y con la fatiga acumulada de los primeros kilómetros. Además, en la frecuencia cardiaca, al llegar al kilómetro cuatro, refleja 163 ppm, y se reduce en los siguientes 2 kilómetros. Por lo tanto, se consigue rebajar la frecuencia cardiaca y el tiempo por kilómetros en el tramo que se realiza la carrera con la técnica de apoyo de antepié. (Tabla 3)

Tabla 3: Estudio descriptivo de los grupos a estudio para variables de la economía de esfuerzo (Frecuencia cardiaca y tiempo por km).

| | POPULAR | SEMI PROFESIONAL | P |
|---------------------|----------------|------------------|--------|
| FC basal (Ppm) | 60,06± 3,6 | 59 ± 2,6 | ns |
| FC Km 2(Ppm) | 152,69± 5,23 | 149,67± 5,75 | ns |
| FC Km 3(Ppm) | 158,19± 4,9 | 154 ± 6,03 | ns |
| FC Km 4(Ppm) | 163,56± 4,01 | 160,17± 3,48 | ns |
| FC Km 5(Ppm) | 159,13± 3,24 | 162,17± 5,34 | ns |
| FC Km 6(Ppm) | 160,19± 4,86 | 164,5 ± 2,95 | ns |
| Media T.Km 2 (seg.) | 311,94 ± 31,94 | 234,83 ± 9,30 | <0.001 |
| T.Km 3 (seg.) | 311,19 ± 29,03 | 229,33 ± 12,83 | <0.001 |
| T.Km 4(seg.) | 313,88 ± 24,06 | 233,33 ± 9,41 | <0.001 |
| T.Km 5(seg.) | 300,69± 30,3 | 222 ± 12,26 | <0.001 |
| T.Km 6(seg.) | 300,31 ± 30,10 | 219 ± 10,64 | <0.001 |
| T.Total (seg) | 1850 ± 172,5 | 1373,33 ± 27,92 | <0.001 |

P<0.05 significatividad estadística; ns=no significativo; FC= Frecuencia Cardiaca; T.Km= Tiempo por Kilometro; Ppm= Pulsaciones por minuto.

Para concluir, se estudian las correlaciones existentes entre variables estudiadas.

Se puede determinar que en las correlaciones estudiadas son estadísticamente significativas al reflejar $p < 0.05$, excepto en la correlación de las horas de entrenamiento semanales con la longitud de zancada que no presenta como correlación significativa. (Tabla 4)

En relación con las correlaciones significativas, podemos determinar cómo positivas aquellas que obtengan en la Correlación de Pearson (CorrP) un valor por entre 0 y 1, siendo este último el que determina una correlación positiva perfecta, es decir, dependencia total entre variables, al aumentar el valor de una variable, la otra también aumenta. Por otra parte, se consideran correlaciones negativas a aquellas que poseen un valor entre 0 y -1, siendo este último el que determina una correlación negativa perfecta. También hay dependencia total entre las variables, pero al disminuir el valor de una, aumenta el valor de la otra.

Por lo tanto, tras la observación de los resultados y como aparece en la tabla 4, podemos determinar que existen correlaciones estadísticamente significativas al presentar $p < 0,05$ para las siguientes correlaciones estudiadas:

- El mayor número de años de práctica, se relaciona significativamente con un menor tiempo de contacto en el apoyo (CorrP= - 0,343) al mostrar $p=0,035$; con mayor longitud de zancada (CorrP= 0,392) reflejando $p=0,015$; y con mayor tiempo de vuelo (CorrP= 0,563) y altura del paso (CorrP= 0,730), concluyendo estas dos últimas con $p < 0,001$.
- Un mayor número de horas de entrenamiento semanales refleja un mayor tiempo de vuelo (CorrP= 0,636), mayor altura del paso (CorrP= 0,635) y menor tiempo de contacto (CorrP= - 0,516), siendo todas ellas, correlaciones significativas con un resultado por debajo de 0,001 para las dos primeras y $p=0,001$ para la última.
- Un menor IMC incrementa la altura del paso (CorrP= - 0,527) y el tiempo de vuelo (CorrP= - 0,366), se tratan de correlaciones significativas debido a que muestran una $p=0,001$ y $p=0,0024$ respectivamente.
- Un tiempo de vuelo prolongado, finaliza con un aumento en la longitud de zancada (CorrP= 0,714), igual que la disminución del tiempo de contacto

que también influye en el incremento de la longitud de zancada (CorrP= - 0,584), una mayor altura (CorrP= - 0,597) y por lo tanto, con un mayor tiempo de vuelo (CorrP= - 0,606). Todas estas correlaciones se reflejan como significativas al mostrarse en todas ellas $p < 0,001$.

- Con el aumento de la velocidad, se observa que aumenta el tiempo de vuelo (CorrP= 0,474) y la altura (CorrP= 0,446) y disminuye el tiempo de contacto (CorrP= - 0,739), reflejando $p=0,003$, $p= 0,005$ y $p < 0,001$ respectivamente.
- Un mayor ritmo de pasos influye significativamente en un menor tiempo de contacto (CorrP= - 0,769) ya que concluye con $p < 0,001$. Por lo tanto, con un menor tiempo de contacto, el tiempo total de la prueba de campo será menor (CorrP= 0,478), correlación significativa debido a reflejar $p= 0,025$.

Tabla 4: Estudio de correlación para las variables estudiadas en el total de la muestra.

| MUESTRA TOTAL | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|--------|------------------|--------------------------|----------------|--------|------------------|
| VARIABLE 1 | VARIABLE 2 | CorrP | P | VARIABLE 1 | VARIABLE 2 | CorrP | P |
| AñosPract | LongZanc(cm) | 0,392 | 0,015 | T.Vuelo (seg.) | LongZanc. (cm) | 0,714 | <0.001 |
| AñosPract | T.vuelo (seg.) | 0,563 | <0.001 | T.Cont (seg.) | LongZanc (cm) | -0,584 | <0.001 |
| AñosPract | T.Cont. (seg) | -0,343 | 0,035 | T.Cont (seg.) | Altura (cm) | -0,597 | <0.001 |
| AñosPract | Altura (cm) | <0.001 | <0.001 | T.Cont (seg.) | T.vuelo (seg.) | -0,606 | <0.001 |
| HentrSem | LongZanc(cm) | 0,273 | ns | Vel.media (m/s) | T.vuelo (seg.) | 0,474 | 0,003 |
| HentrSem | T.vuelo (seg.) | 0,636 | <0.001 | Vel.media (m/s) | T.Cont (seg.) | -0,739 | <0.001 |
| HentrSem | T.Cont. (seg) | -0,516 | 0,001 | Vel.media (m/s) | Altura (cm) | 0,446 | 0,005 |
| HentrSem | Altura (cm) | 0,635 | <0.001 | Ritmo (pasos/min.) | T. Cont(seg.) | -0,769 | <0.001 |
| IMC(kg/m ²) | Altura (cm) | -0,527 | 0,001 | Tº total prueba campo | T.Cont (seg.) | 0,478 | 0,025 |
| IMC(kg/m ²) | T.vuelo (seg.) | -0,366 | 0,024 | | | | |

$P < 0,05$ significatividad estadística; ns=no significativo; AñosPract= Años de práctica; HentrSem= Horas de entrenamientos Semanales; IMC= Índice de Masa Corporal; LongZanc= Longitud Zancada; T.Vuelo= Tiempo de Vuelo; T.Cont= Tiempo Contacto; Vel.media= Velocidad media; CorrP: Correlación de Pearson.

DISCUSIÓN

El aumento del rendimiento deportivo o la mejora del deportista deberían producirse a través de los resultados de los estudios biomecánicos. Por tanto, la biomecánica juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento (20)

Debido a la velocidad del gesto técnico del deportista, resulta imposible realizar una observación completa por parte del entrenador. Por esta razón, en nuestro estudio hemos realizado el estudio a partir de un programa informático específico para el análisis biomecánico. Al igual que presenta Frutos, J.(21), los avances tecnológicos nos permiten realizar una evaluación más completa mediante cámaras de gran calidad y software o programas informáticos, se puede evaluar la técnica de forma cualitativa y cuantitativa. El análisis cualitativo describe el movimiento sin valores numéricos, establece si se cumplen los criterios marcados en la ejecución de la técnica deportiva. Sin embargo, el análisis cuantitativo describe el movimiento con valores numéricos, aportando un valor específico y concreto sobre un aspecto de la ejecución.

En este estudio se quiere evaluar la técnica deportiva, entendiendo por esta el modelo ideal del movimiento relativo a la disciplina en cuestión. La técnica, se puede describir, basándose en los conocimientos científicos actuales y en experiencias prácticas, verbalmente, en forma gráfica, en forma matemática-biomecánica, anatómica-funcional y otras formas; o como la realización o método de ejecución del movimiento al que aspira el deportista para conseguir la acción motriz óptima para dicha disciplina (22). Por otra parte, la biomecánica aplicada al ejercicio físico y deporte estudia los movimientos del hombre en el proceso de los ejercicios, permitiendo valorar detalladamente las técnicas deportivas, evaluar los ejercicios y detectar aquellos que podrían ser dañinos, descubrir las causas de las faltas de prestación y elegir las técnicas apropiadas para un mejor rendimiento (23). El estudio realizado se centra en este último aspecto, evaluando que técnica ofrece unas mayores prestaciones y un mejor rendimiento en el deportista partir de un análisis cuantitativo de los movimientos y parámetros propios de la técnica de carrera

Brigaud, F (4) indica que en función del tipo de apoyo utilizado, la musculatura implicada es diferente. Y al igual que nuestra hipótesis, refleja que correr con apoyo de antepié obtiene numerosos beneficios. Refleja que el apoyo de antepié provoca:

- Una mayor amortiguación de la fuerza en la reacción al suelo y de la onda de choque generada al apoyar.
- Un aumento del rendimiento ya que en el apoyo, la pantorrilla almacena un exceso de energía elástica que se restituye al empujar.
- Una activación de la tracción al apoyar y una disminución de la fase de ralentización.
- Refuerzo de la protección de la rodilla en el plano anteroposterior ya que al apoyar, la activación del soleo lucha contra el deslizamiento anterior de la tibia bajo el fémur. Además la activación de los isquiotibiales favorece los refuerzos y aumenta la protección del ligamento cruzado anterior.

Por lo tanto, en relación al estudio y tras los resultados obtenidos, se podría afirmar que los corredores populares al utilizar el apoyo de antepié, ofrecen unos resultados más óptimos para la técnica de carrera y consiguen mejorar el rendimiento y una mayor prevención de lesiones. Tal y como se demuestra luego en la prueba de campo, al correr de antepié se muestra una mejor economía de esfuerzo, caracterizada por disminuir el tiempo y la frecuencia cardíaca para una misma distancia (24).

Para confirmar esta hipótesis, se analiza la importancia de cada uno de los parámetros espacio-temporales estudiados para la técnica de carrera.

En cuanto a la longitud de paso, a mayor longitud, menos impulsos y apoyos en el suelo se deberán realizar para una misma distancia, que conlleva un menor desgaste de energía o de esfuerzo. Para avanzar con una mayor distancia y evitar lesiones musculares se aplica una zancada larga. Además, la velocidad va a depender de la longitud de zancada y del número de veces que se realice en una determinada distancia. Por lo tanto, la longitud y frecuencia de la zancada es clave para incrementar la velocidad de carrera y es importante una gran inversión de energía y gran dominio técnico (25). Al mismo tiempo, hay que comprender que si se alarga demasiado la longitud de zancada, se alcanzará un

punto en el que la zancada enlentecerá al corredor debido a que experimentará fuerzas de frenado. Al apoyar el pie al frente del corredor, el suelo genera una fuerza dirigida al corredor, que provocara la disminución de velocidad (26). Como se refleja en este apartado, se llega a la conclusión de la importancia de conocer la longitud de zancada óptima del deportista y obtener una relación adecuada con la frecuencia de zancada. Centrándonos en nuestro estudio, se refleja que este parámetro aumenta considerablemente al realizar una técnica con apoyo de antepié, por lo que un corredor con este tipo de apoyo realizará una misma distancia con un menor número de impulso. Por lo tanto, el corredor que utiliza el apoyo de antepié conseguirá un menor desgaste energético que el de retropié ya que realiza menos repeticiones de las fuerzas de empuje.

En cuanto al ritmo, si es un valor muy elevado de pasos/min producirá un agotamiento excesivo, y si es un ritmo muy bajo provocará un desplazamiento bastante inferior a las posibilidades del deportista. Se ha comentado en múltiples ocasiones que el ritmo óptimo en los corredores es de 180 pasos por minuto. Sin embargo, tal y como afirma Delgado, M.(27), el ritmo o frecuencia de zancada no es una variable estable, debe ser el resultado de una carrera cómoda y fluida que puede aumentar o disminuir si modificamos la técnica, pero no es correcto forzarlo para ajustarnos a un parámetro externo en contra de la fluidez gestual. El corredor puede ser capaz de realizar una carrera a 200 pasos por minuto, pero sufrir un gran desgaste de energía, y avanzar una menor distancia que si realiza la carrera a 170 pasos con mejor economía. Esta última cadencia la puede mantener durante más tiempo y no tener que disminuir el ritmo como podría ocurrir al ir a 200 pasos por minuto. La teoría de correr a 180 pasos por minutos aparece tras la observación de un entrenador, que contó la frecuencia de zancada en una competición de élite y comprobó que todos realizaban sobre 180 pasos por minuto (27). La frecuencia de zancada óptima depende de cada deportista, siendo esta una frecuencia que te permita realizar la mayor distancia por unidad de tiempo con el menor gasto energético posible. En relación a nuestro estudio, a pesar de que el ritmo depende de cada sujeto y hay que buscar el ritmo más óptimo en función de la distancia de carrera y de la capacidad de mantener ese ritmo, cabe destacar que GPA consigue registrar un ritmo muy similar a GS, presentando una amplia diferencia con GPR. Los dos primeros

grupos registran un ritmo alrededor de 180 pasos / minuto, por lo tanto, afirmaremos que al correr con el apoyo del antepié incide positivamente en el rendimiento ya que son capaces de correr a un mayor ritmo manteniendo la frecuencia cardíaca y aumentando la velocidad, es decir, el correr con apoyo de antepié también mejora la técnica de los corredores con respecto al correr con apoyo de retropié. Con la primera, son capaces de aumentar y mantener la cadencia de los pasos durante la carrera.

En cuanto al tiempo de vuelo, está relacionado con la longitud de zancada, si el tiempo de vuelo aumenta, la longitud de zancada también, y con el apoyo del antepié se produce un mayor tiempo de vuelo, que también provoca una mayor altura del paso. En nuestro estudio se muestra un aumento de estos parámetros al realizar la carrera con el apoyo del antepié, y esto es debido porque al realizar la carrera con este tipo de apoyo, se incrementa la actividad muscular de los gastrocnemios por una mayor absorción del impacto sobre el suelo (28), acción que va a provocar un mayor impulso en la zancada. Por lo tanto, en este parámetro de la técnica de carrera, GPA vuelve a presentar mejores valores para la misma, de manera que el correr con apoyo de antepié va a ser más efectivo que de retropié para el tiempo de vuelo.

A continuación valoramos el tiempo de contacto, que ocurre lo contrario que los anteriores parámetros. Algunos estudios, al igual que el nuestro, demuestran que los corredores que utilizan un apoyo con el antepié, presentan valores menores en el tiempo de contacto (29) (30) (31). Esto provoca una hipotética mejora en la economía de esfuerzo (32). Al realizar una carrera con el apoyo de antepié se produce un menor tiempo de contacto y se consigue aumentar la velocidad, debido a que al apoyar una menor parte del pie, se reduce este tiempo de contacto y nos provoca el mayor tiempo de vuelo. Además no se presentan fuerzas de frenado al no apoyar el talón, como ocurriría con el apoyo de retropié.

En referencia a los últimos parámetros estudiados en nuestro trabajo, podemos afirmar que el correr con apoyo de antepié es más efectivo y aumenta el rendimiento de la carrera que el correr con apoyo de antepié. Como se muestra en los otros estudios mencionados, esto es debido a que este tipo de apoyo se caracteriza por un menor tiempo de contacto con el suelo, lo que provoca un

mayor tiempo de vuelo, y por lo tanto, se produce una mayor longitud de zancada. Si a esto le añadimos un mayor ritmo provocado también al reducir el tiempo de contacto, va a provocar que se consiga realizar una mayor distancia con un menor número de pasos y un mayor número de pasos por minuto, todo ello, relacionado con la velocidad de desplazamiento del corredor, que va a ser aumentada tal y como se demuestra en los resultados obtenidos. Los corredores populares, al utilizar una técnica de carrera con apoyo de antepié, aumenta la velocidad y esta es muy similar a la que marcan los corredores semiprofesionales, aumentando en 2 km/h la velocidad con respecto al correr con apoyo de retropié.

La economía de carrera tiene una fuerte relación con el rendimiento de la carrera, y la biomecánica de carrera modificable es un factor determinante para la misma (33). Por ello, es importante conocer y saber aplicar esos cambios biomecánicos en el sujeto para una mejora en la práctica deportiva. Nuestro estudio, confirma lo expuesto por Concejero, J. (34) en su investigación, en el que sus resultados sugieren que se obtiene una mejor economía de carrera a partir de una biomecánica caracterizada por: zancadas y tiempos de vuelo mayores; menores tiempos de contacto; y menores frecuencias de zancada para una distancia determinad. De esta forma se consigue favorecer el uso energético más eficiente.

Observando estas afirmaciones y los valores registrados en las diferentes técnicas de apoyo estudiadas, se puede concluir afirmando nuestra hipótesis en la que decía que al utilizar una técnica con apoyo de antepié se observan grandes diferencias respecto a correr con apoyo de retropié, siendo la primera más efectiva y más similar a los resultados obtenidos por GS. La técnica de carrera con apoyo de antepié aporta unos valores característicos que determinan una mejor economía de esfuerzo y un mayor rendimiento en el corredor, pudiendo realizar una determinada distancia en un menor tiempo y sin alterar o mejorando el desgaste energético que se produce al correr. Esto, se refleja en la prueba de campo, en la que a pesar de la fatiga provocada por los primeros 4 kilómetros, se consigue registrar mejores resultados en los 2 últimos kilómetros al correr con el apoyo de antepié, se observan valores menores en la FC y en el tiempo al km al correr con apoyo de antepié.

LIMITACIONES

La utilización del optogait presentaba 2 limitaciones para un análisis más completo del corredor, son los siguientes:

- Cada vez que el corredor pasa por las barras, el sistema no detecta el primer pie que ha sido el apoyado cada vez que se pasa por las barras, por lo tanto, se debe indicar para poder realizar la comparación entre ambas piernas y las asimetrías. Así pues, imposibilita la opción de recoger datos y observar al corredor durante la prueba.
- Por otro lado, por defecto del programa, el sistema detecta que el primer contacto del pie sobre el suelo es el talón. Por lo tanto, para la técnica de apoyo con el antepié, no se obtendrían valores reales ya que no se apoya en ningún momento con el talón. El sistema, ofrece el tiempo de contacto total y el tiempo de contacto en 3 fases (fase de contacto, fase de pie plano y fase de propulsión). Por ello, como la carrera de antepié no tiene la primera fase mencionada, se opta por registrar únicamente el tiempo de contacto total y no utilizar el tiempo en las distintas fases del apoyo.

Para posteriores estudios sería interesante comparar las diferencias entre ambos tipos de apoyos con un mayor número de muestra de corredores semiprofesionales, obtener unos valores reales en la fase de propulsión en el tiempo de contacto al correr con apoyo de antepié. También se podrían realizar investigaciones sobre las diferencias en función del tipo de apoyo registrando las presiones plantares al correr. De esta manera, se podría estudiar los puntos de mayor carga en el pie, la fuerza que se imprime en el suelo y el desplazamiento del centro de gravedad entre un paso u otro.

CONCLUSIONES

- Existen diferencias significativas entre ambos tipos de apoyo para los grupos populares en todos los parámetros cinemáticos estudiados, siendo valores superiores en GPA, excepto en el tiempo de contacto.
- GPA obtiene valores más acordes a los registrados por GS.
- Se refleja un mayor rendimiento en la carrera al disminuir el tiempo de contacto y aumentar otros parámetros cinemáticos, como la longitud de zancada, longitud del paso, altura del paso, ritmo, velocidad y tiempo de vuelo.
- Un mayor número de años y de horas de entrenamiento semanales presentan una mejora en los valores mencionados anteriormente,
- Se refleja correlación positiva entre la velocidad y el tiempo de vuelo, que conlleva mayor zancada y ritmo. Y también se refleja correlación negativa entre velocidad y tiempo de contacto. Por lo tanto, un menor tiempo de contacto provoca un mayor impulso debido a la energía elástica almacenada en la amortiguación al apoyar el pie y una mayor velocidad.
- En la economía de esfuerzo se presentan diferencias significativas entre el grupo popular y semiprofesional para el tiempo al kilómetro. Con mejor entrenamiento, un mayor número de años y horas de entrenamientos, consiguen tener un menor desgaste energético al correr a grandes velocidad, como ocurre con GS. Aun así, en el tiempo por kilómetro, los corredores populares, al correr con apoyo de antepié reducen los valores con respecto a kilómetros anteriores.
- La técnica de carrera caracterizada por un apoyo con el antepié incrementa el rendimiento deportivo. Una mayor longitud de zancada con una mayor frecuencia refleja una mayor velocidad y un mayor espacio recorrido en la misma unidad de tiempo.
- La técnica de carrera con apoyo del antepié es más efectiva que con apoyo de retropié. Además, al correr con el apoyo del antepié, se reflejan mejores valores en los parámetros cinemáticos característicos de la técnica de carrera estudiados. Este tipo de apoyo logra una técnica más efectiva y eficiente, tanto para el rendimiento como para la salud, que cuando se realiza la actividad con apoyo de retropié.

CONCLUSIONS

- There are significant differences between both types of support for the popular groups in all the kinematic parameters studied, being higher values in GPA, except in contact time.
- GPA obtains values in line with those registered by GS.
- Higher running performance is reflected by decreasing contact time and increasing other kinematic parameters such as longer stride length, step length, step height, pace, speed, flight time.
- A greater number of years and hours of weekly training show an improvement in the values mentioned above.
- A positive correlation is reflected between speed and flight time, which implies a greater stride and pace. In addition, a negative correlation between speed and contact time is reflected. Thus a shorter contact time causes a greater impulse due to the elastic energy stored in the cushioning when supporting the foot and greater speed.
- In the effort economy there are some variations between the popular and semi-professional for time per kilometre. It is achieved to have less energy wear when running at high speed as with GS, with better training, which is guided by professionals and a larger number of years and hours of entertainment. Even so, in time per kilometer, the popular runners, reduce the values with respect to the previous kilometers when running with forefoot support.
- The running technique characterized by a forefoot support increases sports performance. A pronounced stride length with a huge frequency reflects a greater speed and a greater space covered in the same time unit.
- The running technique with forefoot support is more effective than with rearfoot support. Moreover, when running with the support of the forefoot, better values are reflected in the kinematic parameters characteristic of the race technique studied. This type of support achieves a more effective and efficient technique, both for performance and health, than when executed this activity with rearfoot support.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Blanco, S. G. (1994). Origen del concepto «deporte». *Aula*, 6.
- 2 Tello Latorre, C. (2018). El running: reflejo de un cambio empresarial y social del siglo XXI. El caso de la San Silvestre Vallecana.
- 3 Gil, G. J. (2019). Correr y competir. Rituales de interacción y estilo de vida en el
- 4 Brigaud, F. (2017). *La carrera. Postura, biomecánica y rendimiento*. Paidotribo.
- 5 Vega Martínez, C. (2015). Perfil psicológico del corredor popular.
- 6 San Román, M. Á. R. (2014). Atletismo. Corredores populares vs profesionales. 1ª parte. *Sport Training Magazine*, (58), 20-23.
- 7 Folland, J. P., Allen, S. J., Black, M. I., Handsaker, J. C., & Forrester, S. E. (2017). Running technique is an important component of running economy and performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(7), 1412.
- 8 Paquette, M. R., Zhang, S., & Baumgartner, L. D. (2013). Acute effects of barefoot, minimal shoes and running shoes on lower limb mechanics in rear and forefoot strike runners. *Footwear Science*, 5(1), 9-18
- 9 Szulc, P., Waszak, M., Bartkowiak, M., Bartkowiak, P., Tomczak, M., Boch-Kmieciak, J., & Cieřlik, K. (2017). Distribution of plantar pressure during jogging barefoot or in minimalistic shoes in people who used to run in cushioned shoes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57(5), 565-571.
- 10 Berna Gascón, J. A., & Cortés Mir, R. (2013). Diferencias en las presiones plantares en corredores de fondo corriendo descalzo o calzado. *Terapeía*, (5), 71-78.

- 11 Hernández-Gervilla, Ó., Escalona-Marfil, C., & Corbi, F. (2016). Relación entre la postura del pie y la cinemática de la carrera: estudio piloto. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 51(192), 115-122.
- 12 Ogueta-Alday, A. (2014). *Adaptación, validación y aplicación de una nueva tecnología para valorar la biomecánica de la carrera de resistencia* (Doctoral dissertation, Universidad de León).
- 13 Aguilar, E. (2017). *Diferencias de longitud entre miembros inferiores y su relación con el pie: Propuesta de protocolo de exploración clínica* (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- 14 De Pablos, J. (2015). Dismetrías de los miembros inferiores. *MBA Inst*, (13), 3.
- 15 Marfell-Jones, M. J., Stewart, A. D., & De Ridder, J. H. (2012). *International standards for anthropometric assessment*.
- 16 Canda, A. S. (2012). *Variables antropométricas de la población deportista española*. Madrid, Spain: Consejo Superior de Deportes, Servicio de Documentación y Publicaciones.
- 17 Balsalobre-Fernández, C., Romero-Franco, N., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries. *Journal of sports sciences*, 37(3), 249-253.
- 18 Lienhard, K., Schneider, D., & Maffiuletti, N. A. (2013). Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Medical engineering & physics*, 35(4), 500-504.
- 19 Que es Optogait. Recuperado de <http://www.optogait.com/Que-es-OptoGait>
- 20 Ojeda, Á. I., Labrada, Y. F., & Varona, D. A. F. (2017). Los fundamentos técnicos de las carreras de fondo y medio fondo (revisión). *Olimpia*:

Publicación científica de la facultad de cultura física de la Universidad de Granada, 14(42), 109-118.

- 21 Frutos, J. B., & Palao, J. M. (2012). El uso de la videografía y software de análisis del movimiento para el estudio de la técnica deportiva. *Lecturas: Educación Física y Deportes, 17*(169), 1-14.
- 22 Ramos, O. (1994). Técnica Deportiva. *Revista de actualización en Ciencias del Deporte, 2*.
- 23 Jódar, X. A. (1993). *Eficacia y técnica deportiva* (Vol. 301). Inde.running. *Revista del Museo de Antropología, 12*(1), 105-116.
- 24 Arrese, A. L. (2013). *Manual de entrenamiento deportivo*. Paidotribo.
- 25 Orbe Yumisaca, O. A., Olmedo Cruz, G. T., Chancosi, E. V. C., Mosquera Rosales, W. V., & Vega, H. E. T. (2018). Análisis biomecánico entre sexos de la longitud y frecuencia de la zancada en atletismo de iniciación. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 37*(4), 1-8.
- 26 Cissik, J. M. (2004). Desarrollo de la Técnica y la Velocidad para la Carrera. *PublICE Standard*.
- 27 Delgado, M. S., & Pitarch, V. U. (2015). Correr a 180 pasos por minuto: ¿máxima eficiencia o mito a derribar? *Sport Training Magazine, (59)*, 20-23.
- 28 Valencia, O., Cristi, I., Ahumada, D., Meza, K., Salas, R., Weinstein, A., & Guzmán-Venegas, R. (2020). Análisis comparativo de la actividad electromiográfica en miembro inferior entre técnicas de antepié y retropié en corredores amateur. *Retos, 38*(38), 271-275.
- 29 Di Michele, R., & Merni, F. (2014). The concurrent effects of strike pattern and ground-contact time on running economy. *Journal of science and medicine in sport, 17*(4), 414-418.

- 30 Gruber, A. H., Umberger, B. R., Braun, B., & Hamill, J. (2013). Economy and rate of carbohydrate oxidation during running with rearfoot and forefoot strike patterns. *Journal of Applied Physiology*, 115(2), 194-201.
- 31 Ogueta-Alday, A., Morante, J. C., Rodríguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2013). Validation of a new method to measure contact and flight times during treadmill running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1455-1462.
- 32 Dumke, C. L., Pfaffenroth, C. M., McBride, J. M., & McCauley, G. O. (2010). Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International journal of sports physiology and performance*, 5(2), 249-261.
- 33 Moore I. S. (2016). Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(6), 793–807
- 34 Concejero, J. S., Domínguez, C. G., Astiazaran, J. I., de Letona, I. B. L., Lili, J. Z., Tam, N., & Orozko, S. G. (2014). Influence of the biomechanical variables of the gait cycle in running economy. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 10(36), 95-108.

ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA EL PARTICIPANTE

1.- CONSIDERACIONES GENERALES

Este documento sirve para que usted, o quien lo represente, dé su consentimiento para su participación en este proyecto de investigación. Eso significa que nos autoriza a realizar aquellos procedimientos necesarios para llevar a cabo el estudio.

Su participación es voluntaria y usted podrá revocar este consentimiento cuando lo desee. De su rechazo no se derivará ninguna consecuencia adversa respecto a la calidad del resto de la atención recibida. Antes de firmar, es importante que lea despacio la información siguiente.

Díganos si tiene alguna duda o necesita más información. Le atenderemos con mucho gusto.

2.- PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Diferencias en la técnica de carrera entre corredores con apoyo único de antepie y corredores con apoyo total del pie y su influencia en el rendimiento.

3.- OBJETIVO Y MÉTODOS A UTILIZAR

El objetivo de este estudio es valorar las diferencias que hay en la técnica de carrera en función del apoyo del pie del corredor.

Metodológicamente se desarrollará un estudio en 2 sesiones, una prueba de laboratorio donde se recogerán los datos antropométricos y datos específicos de la técnica de carrera con el Optogait y otra sesión en la que se realizara una prueba de campo.

4.- PROCEDIMIENTOS A LOS QUE SE VA A SOMETER

Encuesta sobre experiencia en la disciplina

- El sujeto responderá una serie de preguntas sobre el tiempo que lleva realizando la disciplina

Valoración de piernas del sujeto

- Valoración del perímetro del muslo y del gemelo de ambas piernas
- Valoración de posible disimetría de piernas

Valoración por video de aspectos técnicos de la carrera

- Grabación lateral para observar el apoyo del pie
- Grabación frontal para observar, el valgo/varo de rodilla y la pronación/supinación del pie al apoyar.

Medición de los parámetros técnicos de cada sujeto mientras corre.

- Se usará el sistema del Optogait para analizar diferentes parámetros (longitud de zancada, tiempo de contacto y de vuelo, frecuencia de zancada, la velocidad, la altura del paso...)
- Ninguna medición es invasiva y no suponen ningún riesgo para el sujeto.

Protocolo de medición

- Todas las mediciones se realizarán en dos sesiones: en una se medirán las características antropométricas y datos de la técnica de carrera con Optogait y en la siguiente sesión se realizará la prueba de campo con sus respectivas mediciones.
- El paciente se equipará con su ropa habitual de carrera y las zapatillas habitualmente usadas para correr.
- El protocolo de medición se realizará de la siguiente manera:

PRIMERA SESIÓN (duración estimada 15-30min/sujeto) :

- o La medición de las características antropométricas del pie se realizará al inicio con diferentes instrumentos calibrados. Se analizarán los siguientes datos: Perímetro de muslo y gemelos, acortamiento del tendón de Aquiles y disimetría de piernas.
- o Calentamiento de 5 minutos a velocidad confortable autoseleccionada.
- o Se realizará las mediciones (1-2 minutos) con el sujeto calzado corriendo
 - Mediciones por video (oscilación de cadera, pisada, etc.)
 - Mediciones del optogait (longitud zancada, tiempo de vuelo,...)

SEGUNDA SESIÓN (duración estimada 45min/sujeto) :

- o Calentamiento de 10 minutos a velocidad confortable autoseleccionada.
- o Se realizará las mediciones con el sujeto calzado corriendo en la pista de atletismo
 - Medición al 2-3-4-5-6 km de los siguientes parámetros: Tiempo y FC.

Riesgos e inconvenientes

Los posibles riesgos e inconvenientes son casi nulos, ya que se basa en índices posturales y procedimientos habituales de carrera. Ninguna evaluación tiene carácter invasivo. No hay ningún tipo de riesgo para las personas en edad fértil. A su vez, no se modificará en ningún momento su pauta de entrenamiento ni carga habitual de actividad física.

Si el paciente presentara cualquier sintomatología durante el periodo de tiempo que dura el estudio, sería un criterio de abandono, con la posibilidad de volver a participar, si el paciente así lo deseara.

Lugar de realización del estudio

El estudio se realizará íntegramente en la Sede Central de Podoactiva- Walqa.

- Carretera N-330, Km 566, 22197 Cuarte, Huesca.

Los días y fechas de exploración serán concertados con el alumno de CCAFD Jorge Benedicto García, previo contacto por teléfono o correo electrónico.

Contraindicaciones.

Si tiene cualquier duda o consulta no dude en realizarla antes de comenzar:

- Sólo debe realizar estas pruebas físicas en el caso que su estado de salud sea acorde con la exigencia de las mismas. No debería realizarlas en el supuesto que:
 - Presente en la actualidad lesión traumatológica (ósea, muscular, tendinosa, ligamentosa).
- Presente en la actualidad lesión cardíaca o cardiocirculatoria de importancia, descompensada o no controlada (arritmia, problemas valvulares, insuficiencia cardíaca, hipertensión arterial).
- Se encuentre actualmente afecto por un proceso infeccioso agudo.
- No entienda el procedimiento a seguir para la realización de las pruebas físicas.

Otros procedimientos para los que pedimos su consentimiento

- En algunos casos es necesaria la toma de imágenes, como fotos o videos. Sirven para documentar mejor el proceso. También pueden usarse para fines docentes o de difusión del conocimiento científico. En cualquier caso las imágenes serán usadas sólo si usted da su autorización. Su identidad siempre será preservada de forma confidencial. En las imágenes las caras y señales de identidad serán difuminadas o tapadas de manera que impidan el reconocimiento.

5. AUTONOMÍA DEL PACIENTE

En todo momento, el paciente tendrá total libertad para revocar su participación (Ley 41/02 de Autonomía del Paciente), sin que su decisión influya negativamente en su posterior asistencia médica. La participación en este estudio tiene **CARÁCTER VOLUNTARIO** y de ninguna manera influirá en su atención médica.

Puede llevarse la hoja de información a su casa para meditarla con tiempo suficiente y consultar su participación con su familia o con su médico habitual.

En caso de algún tipo de duda, aclaración o necesidad de una mayor información puede contactar con el Investigador Principal **Jorge Benedicto** en el número 609943330.

6. FUENTE DE FINANCIACIÓN

El estudio actual cuenta con las siguientes fuentes de financiación:

- Podoactiva

7. USO DE LOS DATOS DERIVADOS DEL ESTUDIO

Si usted accede a colaborar en este estudio, debe saber que serán utilizados algunos datos sobre su salud, los cuales serán incorporados a una base de datos informatizada sin su nombre. Sus documentos médicos podrían ser revisados por personas dependientes de las

Autoridades Sanitarias, miembros de comités éticos independientes y otras personas designadas por ley para comprobar que el estudio se está llevando a cabo correctamente.

Sus datos serán objeto de un tratamiento disociado, vinculándose a un código, de modo que la información que se obtenga no pueda asociarse a persona identificada o identificable.

Todos sus datos se mantendrán estrictamente confidenciales y exclusivamente el responsable del estudio conocerá su identidad. Los resultados del estudio podrán ser comunicados en reuniones científicas, congresos médicos o publicaciones científicas. En todo caso se mantendrá una estricta confidencialidad sobre la identidad de los pacientes. Se conservará en todo momento la confidencialidad personal sanitario-paciente (Ley de Protección de datos 15/1999).

Le informamos de que solo se recogerán los datos estrictamente necesarios para la realización del estudio y que éstos no se comunicarán a terceros ajenos al Proyecto de Investigación, salvo en los supuestos legalmente previstos.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos de Carácter Personal, en cualquier momento usted puede ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, enviando una solicitud por escrito acompañada de una fotocopia de documento oficial que lo identifique.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Ud. es libre de aceptar o no nuestra solicitud de participar en este proyecto. Si decide hacerlo, le rogamos que otorgue su consentimiento informado por escrito mediante la firma de este documento.

Título del proyecto de investigación

“Diferencias en la técnica de carrera entre corredores con apoyo único de antepie y corredores con apoyo total del pie y su influencia en el rendimiento.

Yo, _____ con
DNI/NIE/_____

- ☐ He leído la hoja de información que se me ha entregado
- ☐ He sido informado de forma clara, precisa y suficiente de los extremos que afectan a los datos personales que se contienen en este consentimiento y en la ficha o expediente que se abra para la realización del Proyecto de investigación.
- ☐ He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.
- ☐ He hablado con _____

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta sobre mi persona

A continuación se detallan los supuestos en los que usted puede manifestar su negativa al tratamiento, uso y publicación de sus datos personales, muestras biológicas y pruebas físicas recabados para la realización del Proyecto citado, según ha sido debidamente informado, con la única finalidad del correcto desarrollo del presente Proyecto de Investigación.

- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento al tratamiento de sus datos personales y pruebas físicas con fines estadísticos y científicos, lo cual se llevará a cabo mediante procesos adecuados de disociación de datos que impidan su identificación.
- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento al tratamiento de sus datos personales y pruebas físicas con fines de investigación, lo cual se llevará a cabo siempre mediante procesos adecuados de disociación de los datos que impidan su identificación.
- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento a la publicación de los resultados de investigación, resultados estadísticos o científicos, publicación que únicamente reflejará datos disociados que no permitan la identificación de los participantes en el Proyecto de Investigación.

- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento al tratamiento de sus datos personales y exámenes físicos con fines docentes, lo cual se llevará a cabo siempre mediante procesos adecuados de disociación de los datos que impidan su identificación.
- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento a la toma de imágenes (fotos y/o vídeos) a efectos de documentar el caso durante la realización del Estudio.
- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento al uso de las imágenes tomadas (fotos y/o vídeos) durante la realización del Estudio, para fines docentes de difusión del conocimiento científico del presente Proyecto de Investigación.
- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta a que sus datos clínicos sean revisados por personal ajeno al centro con la única finalidad de la realización del presente Proyecto, de conformidad con la normativa vigente en materia de Protección de Datos.
- ☐ Si lleva a cabo la marcación de ésta casilla, usted presta consentimiento a que las muestras derivadas de este estudio sean utilizadas en futuras investigaciones relacionadas con ésta.

Con la firma del presente documento, y si realiza la marcación de las casillas correspondientes, usted otorga consentimiento al tratamiento de los datos personales, exámenes físicos e imágenes que nos ha proporcionado como participante en el Proyecto "Influencia del contacto inicial, calzado y cadencia en los parámetros espacio-temporales de carrera.", que podrá ser revocado en cualquier momento sin que de ello se derive consecuencia alguna para usted.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: Sí NO

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado

Firma del participante y fecha

Firma del investigador y fecha

DENEGACIÓN O REVOCACIÓN DE CONSENTIMIENTO

Después de ser informado de la naturaleza y riesgos del procedimiento propuesto, manifiesto de forma libre y consciente mí:

DENEGACIÓN/REVOCACIÓN DE CONSENTIMIENTO para su realización, haciéndome responsable de las consecuencias que pueden derivarse de esta decisión.

Firma del participante y fecha

Firma del investigador y fecha

Anexo 2. Tabla de resultados de un corredor en el Optogait

| # | Tiempo | Distancia | TCent. | % | TVuelo | % | Altura | Veloc. | Acel. | Paso | Zancada | Ritmo | Ritmo |
|--------------------------------|------------|-----------|-------------|--------|-------------|--------|-----------|------------|---------------------|-------------|-------------|------------|--------------|
| | [s] | [cm] | [s] | | [s] | | [cm] | [m/s] | [m/s ²] | [cm] | [cm] | [s/m] | [paso/m] |
| 1 R | 0,000 | 118 | 0,280 | (78,8) | 0,083 | (24,2) | 0,8 | 3,44 | | 118 | 182 | 2,02 | 174,93 |
| 2 L | 0,343 | 229 | 0,246 | (79,8) | 0,093 | (20,4) | 0,5 | 3,59 | 0,23 | 111 | 229 | 3,24 | 194,17 |
| 3 R | 0,682 | 343 | 0,280 | (79,3) | 0,088 | (20,7) | 0,6 | 3,48 | -0,18 | 114 | 228 | 3,08 | 182,93 |
| 4 L | 0,980 | 457 | 0,259 | (78,9) | 0,085 | (20,1) | 0,5 | 3,58 | 0,11 | 115 | 229 | 3,09 | 185,19 |
| 5 R | 1,304 | 572 | 0,252 | (78,9) | 0,080 | (24,1) | 0,8 | 3,46 | -0,13 | 115 | 230 | 3,01 | 180,72 |
| 6 L | 1,638 | 690 | 0,258 | (77,5) | 0,075 | (22,8) | 0,7 | 3,54 | 0,12 | 118 | 233 | 3,00 | 180,18 |
| 7 R | 1,989 | 804 | 0,269 | (77,5) | 0,078 | (22,8) | 0,7 | 3,31 | -0,34 | 115 | 233 | 2,88 | 172,91 |
| 8 L | 2,316 | | 0,278 | | | | | | | | | | |
| 10 R | 7,880 | 932 | 0,233 | (78,4) | 0,076 | (24,6) | 0,7 | 4,11 | | 127 | | 3,24 | 194,17 |
| 11 L | 8,189 | 1059 | 0,222 | (73,0) | 0,082 | (27,0) | 0,8 | 4,18 | 0,11 | 127 | 254 | 3,29 | 197,37 |
| 12 R | 8,473 | 1192 | 0,212 | (69,7) | 0,092 | (30,3) | 1,0 | 4,38 | 0,32 | 133 | 260 | 3,29 | 197,37 |
| 13 L | 8,777 | 1325 | 0,209 | (71,8) | 0,082 | (28,2) | 0,8 | 4,57 | 0,33 | 133 | 266 | 3,44 | 206,19 |
| 14 R | 9,088 | 1464 | 0,221 | (67,8) | 0,105 | (32,2) | 1,4 | 4,26 | -0,50 | 139 | 272 | 3,07 | 184,05 |
| 15 L | 9,394 | 1464 | 0,193 | (68,4) | 0,089 | (31,6) | 1,0 | 4,86 | 0,88 | 137 | 276 | 3,55 | 212,77 |
| 16 R | 9,676 | | 0,222 | | | | | | | | | | |
| 17 L | 10,192 | 1596 | 0,230 | (74,2) | 0,080 | (25,8) | 0,8 | 4,26 | | 132 | | 3,23 | 193,55 |
| 18 R | 10,502 | 1734 | 0,234 | (69,2) | 0,104 | (30,8) | 1,3 | 4,08 | -0,27 | 138 | 270 | 2,96 | 177,51 |
| 19 L | 10,840 | 1870 | 0,217 | (69,8) | 0,095 | (30,4) | 1,1 | 4,39 | 0,47 | 137 | 275 | 3,21 | 192,31 |
| 20 R | 11,152 | 2005 | 0,225 | (69,0) | 0,101 | (31,0) | 1,3 | 4,11 | -0,44 | 134 | 271 | 3,07 | 184,05 |
| 21 L | 11,478 | 2142 | 0,233 | (70,4) | 0,098 | (29,6) | 1,2 | 4,17 | 0,09 | 138 | 272 | 3,02 | 181,27 |
| 22 R | 11,809 | 2142 | 0,244 | (68,2) | 0,114 | (31,8) | 1,6 | 3,88 | -0,42 | 139 | 277 | 2,79 | 167,60 |
| 23 L | 12,167 | | 0,253 | | | | | | | | | | |
| 24 R | 21,706 | 2280 | 0,279 | (77,3) | 0,082 | (22,7) | 0,8 | 3,27 | | 118 | | 2,77 | 166,20 |
| 25 L | 22,067 | 2379 | 0,253 | (71,1) | 0,103 | (28,9) | 1,3 | 3,34 | 0,10 | 119 | 237 | 2,81 | 168,54 |
| 26 R | 22,423 | 2492 | 0,246 | (78,3) | 0,068 | (21,7) | 0,6 | 3,63 | 0,43 | 114 | 233 | 3,18 | 191,08 |
| 27 L | 22,737 | 2610 | 0,244 | (78,2) | 0,068 | (21,8) | 0,6 | 3,78 | 0,24 | 118 | 232 | 3,21 | 192,31 |
| 28 R | 23,049 | 2738 | 0,249 | (73,0) | 0,092 | (27,0) | 1,0 | 3,75 | -0,04 | 128 | 246 | 2,93 | 175,95 |
| 29 L | 23,380 | 2864 | 0,242 | (75,6) | 0,078 | (24,6) | 0,7 | 3,84 | 0,28 | 126 | 254 | 3,13 | 187,50 |
| 30 R | 23,710 | 2864 | 0,254 | (74,7) | 0,086 | (25,3) | 0,9 | 3,75 | -0,26 | 123 | 254 | 2,94 | 176,47 |
| 31 L | 24,050 | | 0,246 | | | | | | | | | | |
| 32 L | 38,154 | 3094 | 0,220 | (67,1) | 0,108 | (32,9) | 1,4 | 4,27 | | 140 | | 3,08 | 182,93 |
| 33 R | 38,482 | 3144 | 0,216 | (67,1) | 0,106 | (32,9) | 1,4 | 4,35 | 0,12 | 140 | 280 | 3,11 | 186,34 |
| 34 L | 38,804 | 3291 | 0,221 | (66,0) | 0,114 | (24,0) | 1,6 | 4,39 | 0,06 | 147 | 287 | 2,99 | 179,10 |
| 35 R | 40,139 | 3433 | 0,218 | (65,9) | 0,113 | (34,1) | 1,6 | 4,32 | -0,10 | 143 | 290 | 3,02 | 181,27 |
| 36 L | 40,470 | 3577 | 0,229 | (68,2) | 0,107 | (31,8) | 1,4 | 4,29 | -0,05 | 144 | 287 | 2,98 | 178,57 |
| 37 R | 40,806 | 3577 | 0,235 | (63,9) | 0,133 | (36,1) | 2,2 | 4,05 | -0,34 | 149 | 293 | 2,72 | 163,04 |
| 38 L | 41,174 | | 0,242 | | | | | | | | | | |
| 39 R | 47,252 | 3699 | 0,255 | (73,3) | 0,093 | (26,7) | 1,1 | 3,51 | | 122 | | 2,87 | 172,41 |
| 40 L | 47,600 | 3824 | 0,239 | (72,4) | 0,091 | (27,6) | 1,0 | 3,79 | 0,42 | 125 | 247 | 3,03 | 181,82 |
| 41 R | 47,930 | 3952 | 0,240 | (69,2) | 0,107 | (30,8) | 1,4 | 3,89 | -0,15 | 128 | 253 | 2,88 | 172,91 |
| 42 L | 48,277 | 4088 | 0,230 | (67,8) | 0,110 | (32,4) | 1,5 | 3,97 | 0,41 | 135 | 263 | 2,94 | 176,47 |
| 43 R | 48,617 | 4223 | 0,231 | (69,2) | 0,103 | (30,8) | 1,3 | 4,04 | 0,11 | 135 | 270 | 2,99 | 179,64 |
| 44 L | 48,951 | 4361 | 0,238 | (69,8) | 0,103 | (30,2) | 1,3 | 4,05 | 0,01 | 138 | 273 | 2,93 | 175,95 |
| 45 R | 49,292 | | 0,245 | | | | | | | | | | |
| Iniciar en el exterior DETENER | | 52,727 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Mínimo | | | (R15) 0,193 | | (R2) 0,083 | | (R2) 0,5 | (R24) 3,27 | (R14) -0,50 | (R2) 111,0 | (R1) 182,0 | (R37) 2,72 | (R37) 183,04 |
| Máximo | (R44) 4361 | | (R24) 0,279 | | (R37) 0,133 | | (R37) 2,2 | (R15) 4,05 | (R15) 0,88 | (R37) 140,0 | (R37) 293,0 | (R15) 3,55 | (R15) 212,77 |
| Medio | | | 0,239 | 72,1 | 0,092 | 27,9 | 1,1 | 3,94 | 0,05 | 129,4 | 266,2 | 3,05 | 182,84 |
| Dev Std | | | 0,018 | 4,4 | 0,016 | 4,4 | 0,4 | 0,39 | 0,32 | 10,8 | 24,4 | 0,18 | 10,73 |
| CV | | | 7,5% | | 17,4% | | 36,4% | 9,9% | 840,0% | 8,2% | 9,5% | 5,9% | 5,9% |
| Medio L | | | 0,236 | 72,2 | 0,090 | 27,8 | 1,0 | 4,05 | 0,24 | 130,0 | 257,1 | 3,12 | 187,01 |
| Medio R | | | 0,241 | 72,0 | 0,094 | 28,0 | 1,1 | 3,84 | -0,14 | 128,8 | 255,2 | 2,98 | 179,08 |
| L - R(%) | | | -2,1% | | -4,4% | | -10,0% | 5,2% | 158,3% | 0,9% | 0,7% | 4,5% | 4,2% |
| CV L | | | 8,1% | | 17,8% | | 40,0% | 9,9% | 104,2% | 8,2% | 8,0% | 6,1% | 6,0% |
| CV R | | | 7,5% | | 18,1% | | 36,4% | 9,4% | -192,9% | 8,4% | 11,1% | 5,0% | 5,0% |