



universidad
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Curso Académico 2022/2023

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA CARRERA EN
CORREDORES DE MEDIO-FONDO Y FONDO: PROPUESTA
DE PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO PARA CORREGIR
LOS DESAJUSTES OBSERVADOS

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF MIDDLE-DISTANCE AND
LONG-DISTANCE RUNNERS: PROPOSAL OF TRAINING
PROTOCOLS TO CORRECT THE OBSERVED IMBALANCES

Autor: Eneko Rodríguez del Campo

Tutores: Juan García López

Alba Herrero Molleda

Fecha: 06/07/2023

VºBº AUTOR/A

RESUMEN

El objetivo de este trabajo ha sido llevar a cabo un análisis biomecánico y cinesiológico en corredores de medio-fondo y fondo, que permita establecer un programa de entrenamiento para prevenir lesiones. Para llevar a cabo el estudio se contó con tres participantes a los que se les hizo un análisis biomecánico en el que se observaron individualmente sus descompensaciones, y se les realizaron una serie de pruebas y test cinesiológicos para corroborar lo visto en el análisis biomecánico. Además, en función de los resultados obtenidos en ambos días se les aplicó un programa de entrenamiento de 6 semanas con el objetivo de mejorar las descompensaciones en una última valoración repitiendo el análisis biomecánico y las pruebas cinesiológicas. El protocolo de entrenamiento diseñado ha sido efectivo para corregir varios de los desajustes biomecánicos de la carrera en los tres participantes analizados.

Palabras clave: Biomecánica, cinesiología, lesiones, atletismo, corredores.

ABSTRACT

The objective of this work has been to carry out a biomechanical and kinesiological analysis in middle and long-distance runners, in order to establish a training program to prevent injuries. The participants of the study were three runners that underwent a biomechanical analysis in which their imbalances were individually observed. Afterwards, a series of kinesiological tests were performed to corroborate the findings from the biomechanical analysis. Additionally, based on the results obtained on both days, a 6-week training program was implemented to improve the imbalances, followed by a final evaluation involving a repeat of the biomechanical analysis and kinesiological tests. The training protocol designed proved effective in correcting several biomechanical imbalances in all the participants.

Key words: Biomechanics, kinesiology, injuries, athletics, runners.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
1.1. Evolución en la práctica de las carreras de larga distancia	1
1.2. Biomecánica deportiva: prevención de lesiones y mejora del rendimiento	2
1.3. Factores que afectan al rendimiento de las carreras de larga distancia.....	3
1.4. Factores biomecánicos de las carreras de larga distancia.....	4
1.5. Diferenciación de mi Trabajo Fin de Grado	7
2. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS.....	8
2.1. Objetivos generales	8
2.2. Competencias.....	8
3. METODOLOGÍA	9
3.1. Participantes	9
3.2. Protocolo	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS.....	22
6. BIBLOGRAFÍA.....	23
7. ANEXOS	31
7.1. Anexo 1.- Práctica deportiva posterior al confinamiento (adaptado de Urbaneja et al., 2021).	31
7.1. Anexo 2.- Consentimiento de participación en el estudio.	31
7.1. Anexo 3.- Entrenamiento del participante 1 en base a lo analizado en el Día 1 y Día 2.	32
7.1. Anexo 4.- Entrenamiento del participante 2 en base a lo analizado en el Día 1 y Día 2.	33
7.1. Anexo 5.- Entrenamiento del participante 3 en base a lo analizado en el Día 1 y Día 2.	35

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1. Evolución en la práctica de las carreras de larga distancia

En los últimos años, la práctica deportiva en el territorio español ha incrementado de manera exponencial. El desarrollo de nuevas modalidades deportivas como actividades físico-deportivas, ha conllevado a un aumento en el número de eventos deportivos y de sus participantes. Una de las actividades donde más se ha podido apreciar este aumento es la carrera de larga distancia, siendo frecuentes las noticias o artículos que hacen referencia al auge de las carreras populares en España. Así, se ha observado un aumento en la práctica de la carrera a pie entre el final del siglo XX y el inicio del siglo XXI (Tejero-González, 2015), pasando de un 3,8% de corredores del total de practicantes de actividades físicas en el año 2000, a un 5,1% de corredores 10 años después, y en el 2022, un 19% de los deportistas españoles realizaban correr a pie semanalmente (Encuesta de hábitos deportivos, 2022).

En cambio, este incremento de corredores y eventos de carreras se vio negativamente afectado en el año 2019 debido al Covid-19. La expansión de esta pandemia y el confinamiento derivaron en la cancelación de los eventos deportivos programados para las fechas cercanas al confinamiento y posteriores. Seguí-Urbaneja et al. (2021), realizaron un estudio sobre el impacto del Covid-19 en la práctica deportiva de personas participantes en eventos deportivos de carrera a pie. El estudio analizó distintas variables, y entre las más destacables podemos hablar de que un 1,1% de los deportistas abandonaron la práctica de su modalidad principal, un 31,8% cambió la forma de practicarla, un 54% de los deportistas estaban ligeramente preocupados sobre el efecto del Covid-19 en la futura práctica deportiva y la de ese momento, y un 42,8% pensaba que cambiarían algo en relación a los eventos deportivos (Anexo 1).

Otros estudios más recientes llegan a la conclusión de que la tendencia al alza que se vio en 2015 (Encuesta de hábitos deportivos, 2015) se está repitiendo tras el Covid-19 (Consejo Superior de Deportes, 2021). Los estudios observan un elevado incremento un 5,1% de la práctica de running o carreras a pie del año 2020 al 2021, junto con el incremento en un 50% en el número de carreras populares organizadas en el territorio nacional desde el año 2008 (Suances, 2014; Fields, Sykes, Walker, & Jackson, 2010; Ogueta-Alday & García-López, 2016).

Este incremento de la cantidad de corredores y de las horas de carrera a pie practicadas, se relaciona con un aumento en el número de lesiones. En la mayoría de los casos, estas

lesiones se deben a una repetición constante (microtraumatismos que se repiten y sobrecargan las estructuras musculoesqueléticas), es decir, un excesivo volumen de entrenamiento. Es importante mencionar que cada deportista es un caso distinto, por lo que las tasas de incidencia oscilan entre un 18,2% y un 92,4%, mientras que las tasas de prevalencia oscilan entre 6,8 y 59 lesiones por cada 1000 horas de carrera. Aun así, las lesiones en los corredores se relacionan con características personales de cada deportista y fallos en el entrenamiento relacionados con la experiencia de carrera, el volumen de entrenamiento y las distancias semanales recorridas (Saragiotto et al., 2014). Pese a eso, el citado estudio llegó a la conclusión de que el principal factor de riesgo que afecta a los corredores son las lesiones sufridas en los últimos 12 meses, las cuales podrían relacionarse con nuevas lesiones debido a una recuperación incompleta de la lesión previa.

1.2. Biomecánica deportiva: prevención de lesiones y mejora del rendimiento

Es en este punto en el que debemos comprender la importancia que tiene la biomecánica en este ámbito. Aunque sean muchos los temas y situaciones que esta ciencia puede abarcar, los objetivos principales de la biomecánica deportiva están claramente definidos en dos: la mejora del rendimiento y la prevención del riesgo de lesiones (Glazier & Mehdizadeh, 2019).

Para poder alcanzar estos objetivos, el profesional de la biomecánica deportiva junto con la ayuda del entrenador deportivo llevará a cabo procesos tanto cualitativos como cuantitativos para reconocer y analizar las posibles deficiencias técnicas o imperfecciones que afecten en el rendimiento.

Pero, llegar a dar con estas deficiencias no siempre es tan fácil como puede parecer, ya que entran en juego múltiples variables que derivan en que cada sujeto se comporte de una manera distinta (la técnica es un claro ejemplo de ello). Por otro lado, un ejemplo del segundo objetivo mencionado es la comparación de las diferencias biomecánicas entre correr descalzo y calzado. Correr descalzo puede estar relacionado con cambios biomecánicos positivos en lo que a la prevención de lesiones se refiere, sin embargo, esto dependerá del patrón de pisada. Además, se verán influidos muchos factores, ya que la potencia que absorberá la rodilla será menor mientras que la potencia absorbida por el tobillo aumentará (Hall, Barton, Jones & Morrissey, 2013).

La elevada cantidad de estudios que engloban y analizan las distintas variables para determinar la procedencia de las lesiones, han concluido que la intensidad y el volumen de entrenamiento son determinantes en este aspecto (Saragiotto et al., 2014; Taunton et al., 2003; Walter et al., 1989). Cuanto mayores son estas variables, mayor es la posibilidad de lesionar al deportista por un sobreesfuerzo de estímulos a la musculatura implicada y un elevado impacto, el cual se refleja en un daño directo en el sistema musculoesquelético.

Durante la carrera el pie está constantemente impactando contra el suelo, generando un gradiente de igual o mayor valor que 50 veces el peso corporal de la persona que corre, y se produce una fuerza vertical de entre 2 y 3 veces el peso corporal (McKenzie, Clement, & Taunton, 1985).

Entre los factores que determinan las lesiones, se ha demostrado que: en relación con el sexo, los hombres tienen más posibilidades de sufrir lesiones en la carrera que las mujeres, y aún más los hombres jóvenes menores de 40 años (Buist et al., 2010). Otros factores son el historial y antecedentes del deportista. Está demostrado que haber usado ortesis se relaciona con mayor riesgo de lesionarse durante la carrera. También son factores de riesgo correr siempre sobre las mismas superficies duras, realizar carreras de larga distancia y la edad (i.e., una mayor edad se relacionó con mayor posibilidad de lesión en los isquiotibiales y tendinopatía de la porción media del tendón de Aquiles) (Hirschmuller et al., 2012). Además, la altura también aumenta el riesgo de lesión, ya que una estatura más baja en los hombres se relaciona con lesiones en los pies (Wen et al., 1997). Similar ocurre con la experiencia de carrera, ya que una mayor experiencia es un factor de riesgo para las lesiones al correr (Wen et al., 1998). Por último, usar zapatillas de correr durante 4 a 6 meses y correr distancias semanales de entre 48 y 62 km se asocia con un incremento en las posibilidades de lesionarse (Van der Worp et al., 2015).

1.3. Factores que afectan al rendimiento de las carreras de larga distancia

Al igual que existen factores determinantes de las lesiones, también se han establecido los factores determinantes del rendimiento deportivo en carreras de larga distancia (Ogueta-Alday & García-López, 2016): factores ambientales, factores fisiológicos, factores psicológicos, factores ligados al entrenamiento y factores biomecánicos.

Entre los **factores ambientales** nos encontramos con el aire/viento, el cual se choca contra el corredor y conlleva un mayor gasto de energía (García-López, 2008). La altitud también influye, ya que cada 1.000 metros por encima del nivel del mar aumenta el tiempo para realizar una maratón (Lara, Salinero y Del Coso, 2014). La temperatura es otro factor ambiental que influye porque se estableció un margen de temperatura óptimo de 10-15°C, y las temperaturas inferiores eran menos dañinas que las superiores (Maughan, 2010; Sawka et al., 2015). También afectará la humedad, dado que acompañada de una elevada temperatura, provoca estrés térmico (Marino, Lambert y Noakes, 2004). Por último, la pendiente positiva del terreno también influirá (i.e., correr en pendientes entre 6-12% provoca un 9% de pérdida de velocidad respecto a un terreno llano) (Townshend et al., 2010). Todos ellos, van a afectar al rendimiento de los corredores.

Los **factores fisiológicos**, afectan positivamente la economía de la carrera. Entre ellos nos encontramos con el $VO_2\text{max}$, que cuanto mayor sea, mayor será el rendimiento (McArdle, Katch y Katch, 2004). Por otra parte, los fondistas presentan un 75% de fibras lentas, las cuales se relacionan con un mayor $VO_2\text{max}$ (Saunders et al., 2004)). En los deportistas el umbral anaeróbico (VT2) se encuentra entre un 89-90% en deportistas de fondo entrenados (López, Calvo y Fernández, 2001). Sin embargo, el rendimiento se verá perjudicado por la fatiga, la edad, el género o parámetros antropométricos relacionados con la masa corporal (e.g., índice de masa corporal, peso...).

Entre los **factores psicológicos** el aumento de la motivación o la reducción de la percepción subjetiva del esfuerzo conllevarán a un aumento del rendimiento, y esto lo podemos conseguir a través de distintos recursos como la música (Karageorghis et al., 2012).

Entre los **factores ligados al entrenamiento** está el entrenamiento de resistencia, la cual está altamente relacionada con el aumento del rendimiento (Ogueta-Alday, Rodríguez-Marroyo y García-López, 2013). El entrenamiento de fuerza es determinante por los beneficios que presenta, por lo que a día de hoy apenas todos los corredores la entrenan (Berryman, Maurel y Bosquet, 2010). También influirá el entrenamiento realizado en ambientes calurosos (i.e., correr en temperaturas cercanas a 15°C permite al deportista aclimatarse y mantenerse en una temperatura corporal menor (Hue, 2011; Svedenhag, 2000). Por último, el entrenamiento en altura tendrá un papel clave, ya que a través del método “live high-train low” se vive durante un tiempo determinado en gran altitud para transferir sus beneficios al competir a nivel del mar (Wilber, 2011).

Por último, entre las variables determinantes del rendimiento, se encuentran **los factores biomecánicos**.

1.4. Factores biomecánicos de las carreras de larga distancia

Entre los factores biomecánicos que determinan las carreras de larga distancia nos encontramos con seis principales: la antropometría (i.e., estudio cuantitativo de las características físicas del humano), el leg-stiffness (i.e., la rigidez o capacidad de la pierna como “muelle”), la flexibilidad (i.e., capacidad de movilidad de una o varias articulaciones sin causar lesiones), el patrón de pisada (i.e., contacto del pie con el suelo tras el aterrizaje de la fase de vuelo en la carrera), el calzado y los parámetros espacio-temporales (Ogueta-Alday & García-López, 2016).

Uno de los factores biomecánicos de las carreras de larga distancia es la **antropometría**. Los objetivos de los atletas están orientados hacia la consecución del rendimiento, y en la carrera lo podemos obtener a través de la mejora de su economía. Por ello, para conseguir esta

mejora se deben tener en cuenta características antropométricas, el bajo peso, el índice de masa corporal, el sumatorio de pliegues cutáneos y el porcentaje de masa magra (McCann y Higginson, 2008; Støren et al., 2011). Durante mucho tiempo se ha pensado que una baja estatura era beneficiosa para esta práctica deportiva (Foster y Lucia, 2007), si bien existe cierta controversia hoy en día, ya que ciertos estudios no han podido encontrar una relación de esta con el rendimiento (Knechtle, Knechtle y Rosemann, 2010). Por otra parte, la relación entre unas extremidades inferiores más largas y la eficiencia que esto supone ha sido otro factor estudiado. sin embargo, resultaron más importantes la masa de estas extremidades y su distribución para una mayor eficiencia (Foster y Lucia, 2007; Steudel-Numbers et al., 2007). Gracias a los mencionados estudios podemos decir que las características antropométricas relacionadas con la masa corporal son las que más influencia presentan.

Otro factor biomecánico es el **leg-stiffness**, ya que durante la carrera las articulaciones y la rodilla son los principales músculos extensores que participan, participando en más de un 70% del trabajo mecánico total producido (Sasaki y Neptune, 2006). En relación con la mecánica, el músculo y el tendón se deben considerar una unidad de transmisión de energía, convirtiéndose así en una especie de “muelle” (Dumke, Pfaffenroth, McBride y McCauley, 2010). Debido a la energía que se almacena en este “muelle” la activación muscular y el gasto energético pueden verse disminuidos, ya que el sistema muscular de los humanos es viscoelástico, y no totalmente elástico. Por esto, sabemos que la relación existente entre el rendimiento, la economía de carrera y el leg-stiffness es positiva, aunque ciertos entrenamientos como el de fuerza reflejan mejoras en algunos de los componentes del leg-stiffness.

La **flexibilidad**, la cual se refiere a la capacidad que el sistema muscular tiene para deformarse, es otro factor que afecta a las carreras de larga distancia, la cual está muy relacionada con el leg-stiffness. Se ha demostrado que una menor flexibilidad en las articulaciones del tobillo y la cadera reflejan una influencia positiva en la economía de la carrera, debido a la facilidad de retorno de la energía elástica (Craib, Mitchell y Fields, 1996). Una acción muy repetida en los entrenamientos de la mayoría de los deportes es que el entrenador ordene a sus deportistas estirar tanto antes como después del ejercicio. Sin embargo, a día de hoy seguimos sin tener evidencias suficientes que demuestren la eficacia de estos a la hora de prevenir lesiones o mejorar el rendimiento (Fields, Sykes, Walker y Jackson, 2010). A pesar de no encontrar una única respuesta, se vio que estirar estáticamente durante 16 minutos antes de realizar ejercicio redujo el rendimiento de la economía de la carrera al 65% del VO₂max además del rendimiento en un test de 30 minutos corriendo (Wilson et al., 2010). Pese a saber esta información, otro estudio concluyó que los corredores de fondo deben realizar estiramientos ya que no afecta negativamente al grado de rigidez

necesario para un óptimo rendimiento, pero sí ayuda a no limitar la amplitud de zancada a altas velocidades (Saunders et al., 2004).

En cuanto al **patrón de pisada**, se diferencian tres tipos de patrones: talonador (i.e., el primer contacto del pie con el suelo se inicia con el talón o la parte posterior del pie), planta entera (i.e., la parte anterior del pie y el talón contactan con el suelo al mismo tiempo) y antepié (i.e., el primer contacto con el suelo se inicia desde la parte anterior del pie, la primera mitad del pie) (Hasegawa, Yamauchi y Kramer, 2007). Las estadísticas muestran muchos más corredores que optan por un patrón talonador (97%) al empezar a correr, probablemente por su similitud con la marcha (Bertelsen, Jensen, Nielsen, Nielsen y Rasmussen, 2013). A su vez, esta relación se ve afectada en función de las distancias recorridas en las carreras, ya que el 94,1% de los corredores de maratones son talonadores (Kasmer, Liu, Roberts y Valadao, 2013), mientras que en carreras de medio-fondo (800 y 1500 m) este porcentaje se ve disminuido a un 31%, siendo el resto corredores de planta entera y antepié (Hayes y Caplan, 2012), como se puede observar en la Figura 1.

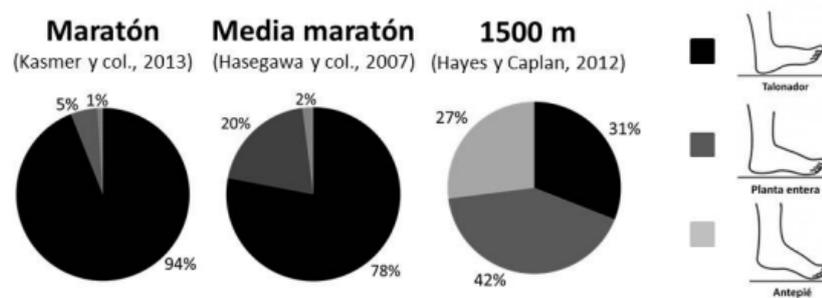


Figura 1.- Porcentaje de corredores talonadores, planta entera y antepié en carreras de diferentes distancias (Ogueta-Alday & García-López, 2016).

Gracias a estos estudios hoy sabemos que un patrón de planta entera o antepié es más efectivo a la hora de alcanzar y mantener en el tiempo altas velocidades, pero que el patrón talonador es más económico (Kluitenberg et al., 2012).

Por otra parte, el **calzado** también se relaciona con el patrón de pisada, y a pesar de haber sido un asunto muy controversial y estudiado, se llegó a la conclusión de que utilizar calzado deteriora la economía de carrera entre un 2-6% respecto a cuando se corre descalzo, a una intensidad de 70% del $VO_2\text{max}$ (Hanson, Berg, Deka, Meendering y Ryan, 2011). La relación del peso del calzado también ha sido estudiado, viéndose que por cada 100 gramos de peso extra en cada pie significa perjudicar la economía de carrera en un 1% (Franz, Wierzbinski y Kram, 2012). Sin embargo, la economía de la carrera puede mejorar hasta un 1% por una mayor rigidez en el calzado utilizado sobre todo en personas con gran masa corporal, de ahí

que muchos corredores utilicen zapatillas rígidas y ligeras para correr (Roy y Stefanyshyn, 2006).

Por otro lado, los corredores de larga distancia utilizan **ortesis plantares** que suelen colocarse en la zona de soporte en el arco del pie o en el talón, utilizándose para obtener una mayor comodidad y reducir la posibilidad de lesión (Salles y Gyi, 2013). Gracias a las tecnologías que pueden aplicarse a este ámbito, estas ortesis pueden hacerse completamente personalizadas gracias a escáneres 3D. La principal conclusión acerca de éstas indica que las plantillas personalizadas son las más adecuadas a la hora de buscar confort y ajuste en la zona del talón (Salles y Gyi, 2013).

Por último, entre los **parámetros espacio-temporales** nos encontramos con la frecuencia, el tiempo de contacto y de vuelo y la amplitud de zancada. A pesar de que se concluyó que estos parámetros podían influir en un 54% la variabilidad interindividual de la economía de carrera (Williams & Canagh, 1987), no se han realizado demasiados estudios más recientes para reafirmar la hipótesis o encontrar mayores avances al respecto. Si hablamos de la relación existente entre la frecuencia y la amplitud de zancada para un óptimo rendimiento, tenemos que ser conscientes de la controversia existente. Algunos estudios concluyeron que los corredores que mejor economía de carrera tienen son los que escogen con libertad la combinación entre la frecuencia y la amplitud para cada velocidad (Hunter y Smith, 2007; Morgan et al., 1994). Sin embargo, actualmente podemos estandarizar y considerar “normales” valores de la frecuencia de zancada de 90 pasos por minuto a ritmo de entrenamiento, o los 90-100 pasos por minuto a ritmo de competición (Hobara, Sato, Sakaguchi, Sato y Nakawaza, 2012).

1.5. Diferenciación de mi Trabajo Fin de Grado

Tenemos que ser conscientes de que son muchos los métodos y recursos por los que podemos optar para medir diferentes variables biomecánicas. Si hablamos del análisis biomecánico de la carrera, el vídeo análisis será un pilar fundamental (Lavín, 2019; Céspedes, 2018). Para poder llevar a cabo este proceso, será suficiente disponer de una cámara que grabará en un plano bidimensional (2D) desde una vista lateral y posterior. Esto nos permitirá analizar las distintas fases y ejecuciones de la carrera del deportista, así como los posibles factores biomecánicos que puedan potenciar el rendimiento o reducir el riesgo de lesiones. En este análisis de vídeo podremos obtener información y valorar aspectos relacionados con el patrón de pisada, la flexión de rodilla, la extensión de cadera, el ángulo tibial, el desplazamiento vertical, la inclinación del tronco o la inclinación del pie, entre otros (Céspedes, 2018).

Todos estos aspectos mencionados han sido utilizados en un TFG (Lavin, 2019) y un TFM (Céspedes, 2018) previos. Sin embargo, tanto en el trabajo de Lavin (2019) como en el de Céspedes (2018) no eligieron las pruebas cinesiológicas y/o el entrenamiento en función de los resultados obtenidos en la primera valoración, si no que utilizan unas pruebas cinesiológicas predeterminadas independientemente de los resultados obtenidos. Por ello, en el actual trabajo se propone utilizar, en base a los resultados obtenidos en el análisis biomecánico, una serie de pruebas cinesiológicas específicas para cada sujeto, para corroborar los posibles desajustes observados en el análisis del Día 1. Por las razones expuestas, el presente trabajo aplicará un mayor seguimiento sobre los sujetos apoyándose en los recursos y pruebas necesarias para su consecución.

2. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

2.1. Objetivos generales

El principal objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es llevar a cabo un análisis biomecánico y cinesiológico en corredores de diferente nivel deportivo, que permita establecer un programa de entrenamiento para prevenir lesiones.

A su vez, de estos objetivos generales se derivan una serie de objetivos específicos:

- Seleccionar pruebas cinesiológicas adecuadas en base a las descompensaciones detectadas en el análisis biomecánico.
- Diseñar y aplicar programas de ejercicio físico como medida de actuación en base a las descompensaciones observadas en el análisis biomecánico y en las pruebas cinesiológicas.
- Interpretar los resultados obtenidos en el análisis biomecánico, las pruebas cinesiológicas y en el programa de entrenamiento.

2.2. Competencias

- Identificar y saber utilizar los principios mecánicos de las fuerzas (cinética), el movimiento (cinemática) y el equilibrio (estática), y aplicarlos tanto para maximizar el rendimiento físico como para minimizar la realización de actividades físicas inadecuadas desde un punto de vista biomecánico.
- Aplicar los principios biomecánicos a los diferentes campos de la actividad física y del deporte (entrenamiento y salud).

- Diseñar y poner en práctica una metodología de entrenamiento específica para el desarrollo de las cualidades físicas, y para el perfeccionamiento de las habilidades técnicas.
- Programar, planificar, controlar y supervisar actividades y servicios, aplicando los conocimientos y técnicas propias de las ciencias del deporte.
- Planificar, desarrollar y evaluar la realización de programas de actividades físicas y deportivas orientadas a corredores de medio-fondo y fondo con objeto de mejorar el rendimiento y prevenir lesiones.
- Seleccionar y saber utilizar los recursos, instrumentos, herramientas y equipamientos adecuados para cada tipo de persona y de actividad.

3. METODOLOGÍA

3.1. Participantes

Los participantes de este trabajo han sido tres corredores masculinos de medio fondo y fondo de nivel regional y nacional, cuyas principales características se han recogido en la Tabla 2. Los criterios de inclusión fueron ser hombre, así como competir en las modalidades de medio-fondo o fondo y tener una edad de entre 18 y 25 años. Antes de comenzar con el trabajo se llevó a cabo una reunión en la que los tres participantes pudieron tener información acerca del procedimiento del trabajo, los objetivos que se querían alcanzar con el mismo y los riesgos que su participación podría conllevar. Además, los participantes firmaron un consentimiento por escrito para poder participar (Anexo 2).

Tabla 2.- Características de los participantes en el estudio.

Participante	Sexo	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	Modalidad	Experiencia (años)
Participante 1	Hombre	22	177	73	Medio fondo	11
Participante 2	Hombre	21	180	87	Medio fondo	9
Participante 3	Hombre	20	183	73	Fondo	4

3.2. Protocolo

Los tres participantes fueron evaluados en una sesión inicial, una sesión a las 72 h de esta y tras un período de entrenamiento de 6 semanas (Figura 2). En la sesión inicial (Día 1) la valoración consistió en una prueba de análisis biomecánico de la carrera. En la sesión intermedia (Día 2), se realizaron una serie de pruebas de valoración cinesiológica, en función

de los desajustes observados en el análisis biomecánica. En la sesión final (Día 3), se volvieron a realizar las pruebas de los Días 1 y 2 (i.e., pruebas biomecánica y cinesiológica) para comparar los resultados con los anteriores y evaluar el éxito del programa de entrenamiento de 6 semanas. Los participantes acudieron al Laboratorio de Biomecánica entre las 10.00 y 13.00 h del día, después de un mínimo de 48 h de ejercicio no extenuante. En los Días 1 y 3 realizaron un calentamiento, en el que se usaba un periodo de aclimatación de 8 minutos previo a la evaluación, ya que los primeros 6 minutos de carrera se relacionan con cambios en la cinemática que se desvían de la mecánica de carrera habitual (Lavcanska et al., 2005). La carrera realizada para el análisis se llevó a cabo en un tapiz rodante con un desnivel positivo de 1% para compensar el 1% negativo en el que se encuentra el tapiz, con el objeto de que los participantes corran sin desnivel.

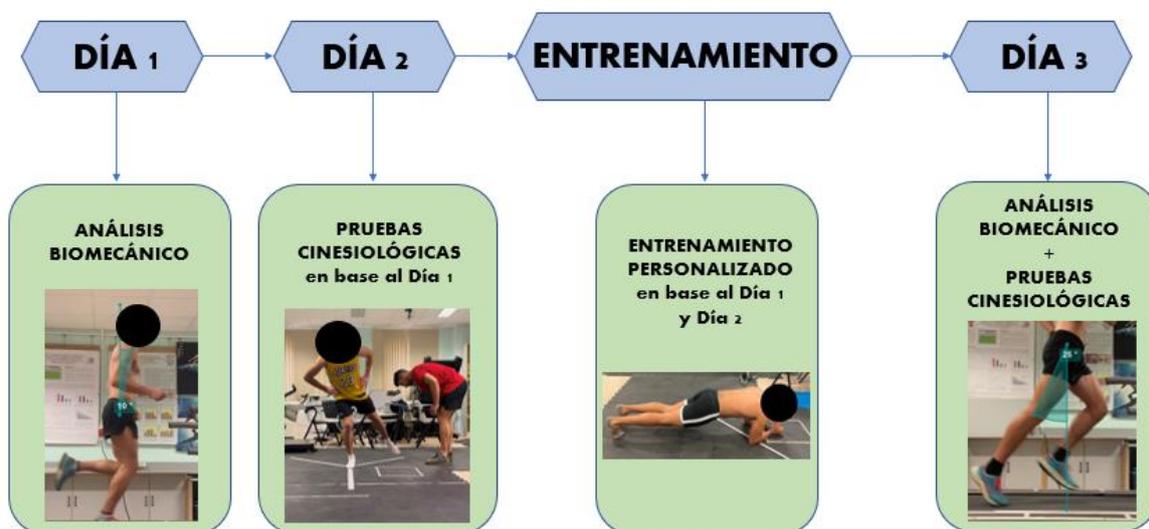


Figura 2.- Diseño experimental del estudio. Análisis biomecánico, realización de pruebas cinesiológicas y elaboración y aplicación de un entrenamiento de 6 semanas.

Pruebas de análisis biomecánico de la carrera (Días 1 y 3)

Después del calentamiento, y tras un período de recuperación de 5 min, los participantes corrieron a su velocidad habitual de entrenamiento (i.e., 13, 14, 11,8 km/h para los Participantes 1, 2 y 3, respectivamente) durante un tiempo de 30 min, registrándose las variables biomecánicas al final de la prueba (entre los minutos 29 y 30). Se realizaron dos grabaciones, una grabación del plano sagital y otra del plano frontal, con un teléfono móvil (Iphone 12) a una frecuencia de grabación de 120 fps (Figura 3).



Figura 3.- Ilustración del protocolo seguido para realizar las grabaciones.

Una vez tomados los vídeos en el Día 1, se procedió al análisis de la carrera mediante el uso del software Kinovea (Kinovea- 0.8.27).

Las variables analizadas de la carrera en el plano sagital fueron las siguientes: **(A) Patrón de pisada**, midiendo el ángulo que forma el pie con el suelo en el momento del primer contacto con el mismo. Para ello se establece una línea horizontal respecto al tapiz rodante, y se mide el ángulo formado por esta línea y otra línea que une un punto colocado en el talón y otro punto colocado en el quinto metatarso. En función la inclinación del pie, el patrón de pisada del corredor puede clasificarse en talonador ($>5^\circ$), de planta entera (entre 5° y -5°) o de antepié ($>-5^\circ$). La **(B) Frecuencia de zancada** se refiere al ritmo de entrenamiento (90 zpm) y/o de competición (90-100 zpm). Esta se medirá calculando el tiempo empleado para realizar tres zancadas, y conociendo el tiempo empleado para cada zancada (en Hz), se podrá calcular las zancadas/minuto realizadas por el corredor. Además, una baja frecuencia se relaciona con un mayor impacto y acentúa múltiples variables. La **(C) Inclinación de la tibia en el impacto** se medirá trazando una línea vertical y otra línea desde el maléolo externo al cóndilo lateral externo de la rodilla, para así ver el ángulo de inclinación. Este será un aspecto clave a valorar, ya que los corredores que sufran lesiones relacionados con el impacto no deberían tener la tibia extendida en el momento del impacto (podemos identificar que está extendida cuando el marcador de la articulación lateral de la rodilla no supera al maléolo lateral). La **(D) Flexión de rodilla en el apoyo**, se mide en la fase de medio-apoyo. Se tendrán en cuenta para su medición los puntos ubicados en el trocánter mayor del fémur, el cóndilo femoral externo y el maléolo del peroné, no debiéndose superar los $<40-45^\circ$. Para el análisis de la **(E) Extensión de cadera en el despegue** se debe trazar una línea vertical desde el trocánter mayor del fémur al suelo, y a su vez otra línea al cóndilo femoral externo, debiendo obtenerse un dato

superior a 20°). Por último, para el análisis de la **(F) Inclinación del tronco**, se traza una línea vertical desde el trocánter para analizar el ángulo de inclinación del tronco (Souza, 2016).

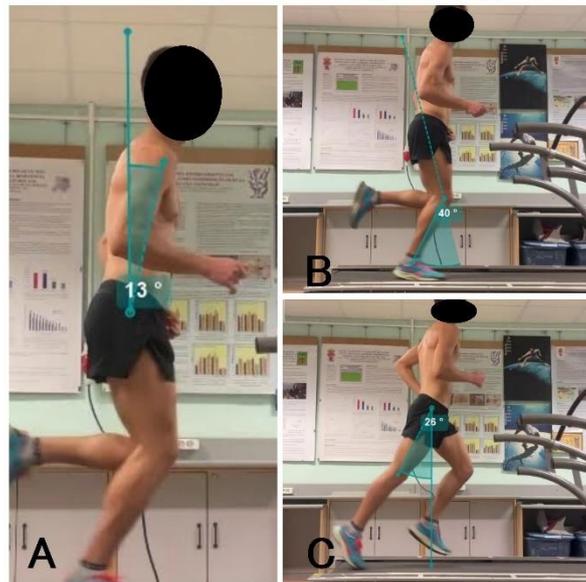


Figura 4.- Ejemplos de variables de carrera analizadas en el plano sagital el Día 1. A) Inclinación del tronco; B) Flexión de rodilla en el apoyo y C) Extensión de cadera.

Las variables analizadas en el plano frontal fueron las siguientes: **(G) Pronación del pie**, medida en la fase de medio-apoyo, cuando el talón del pie contrario está en el momento más elevado. Se cogen como referencia los puntos del tendón de Aquiles, el hueco poplíteo y el centro de la zapatilla (rangos establecidos $5-15^{\circ}$). En cuanto a la **(H) Basculación de la pelvis**, esta debe estar lo más horizontal posible durante el medio-apoyo. Para su medición se traza una línea horizontal, cogiendo como medidas el vértice del ángulo en la unión lumbo-sacra y se traza un ángulo hasta el lado opuesto, debiendo ser menor a $5-6^{\circ}$. La **(I) Ventana de rodilla** también se mide en fase de medio-apoyo, en la cual se debe observar si existe o no separación entre ambas rodillas cuando estas se cruzan. La **(J) Lateralización del tronco y excesiva separación de los brazos**, hace referencia a los movimientos de compensación realizados para estabilizar el cuerpo en la carrera. Por último, la **(K) Rotación del pie en el apoyo y alineación de los pies en apoyos sucesivos** se refiere a la rotación que el pie debe tener en relación con la línea de la carrera, por lo que se debe ver su cara exterior (Souza, 2016).



Figura 5.- Ejemplos de variables de carrera analizadas en el plano frontal el Día 1. A) Pronación del pie; B) Ventana de rodilla y C) Basculación de la pelvis

Pruebas de análisis cinesiológico (Día 2)

En función de los desajustes observados en la valoración del Día 1, se seleccionaron una serie de pruebas de análisis cinesiológico, individualizadas para cada Participante. En la Tabla 3 se muestra un resumen de las pruebas seleccionadas.

Tabla 3-. Pruebas de análisis cinesiológicos realizadas a los participantes.

Participante 1	Participante 2	Participante 3
Single leg squat test (músculos separadores)	Single leg squat test	Single leg squat test
Y balance test (equilibrio y estabilidad)	Y balance test	Y balance test
-	Plank anterior	Test de Craig
-	Repeated jump test	Repeated jump test

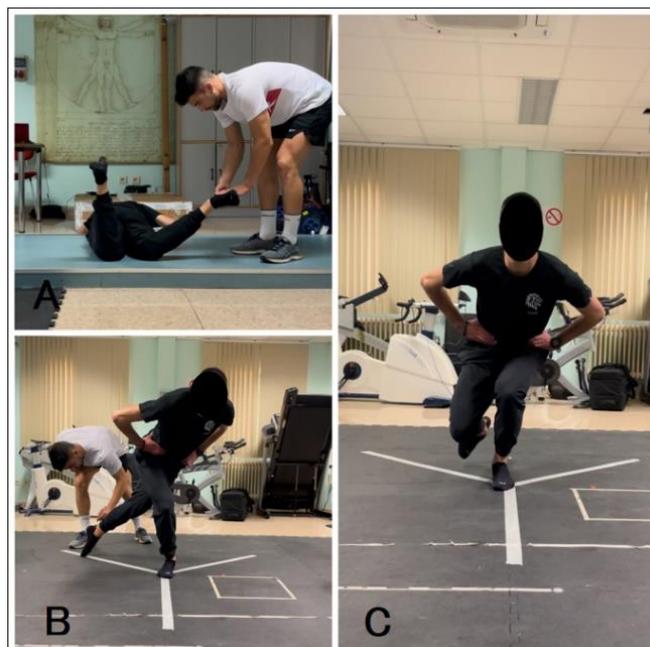


Figura 6.- Ejemplo de pruebas cinesiológicas realizadas el Día 2. A) Test de Craig; B) Y Balance Test y C) Single Leg Squat Test.

Single leg squat test

Este test tiene como principal objetivo evaluar la fuerza de los músculos estabilizadores de la cadera, concretamente la acción del glúteo medio. Para su ejecución el participante se debe posicionar en apoyo unipodal, con las manos en la cintura y la pierna que no está en contacto con el suelo debe flexionarse acercándose a los 90°. La posición de la rodilla con respecto al pie y tobillo, la inclinación/rotación del tronco, el control del movimiento y la inclinación pélvica son los principales aspectos valorados. La prueba resulta positiva cuando existe valgo de rodilla, inclinación o una excesiva rotación del tronco (Crossley, 2011).

Y balance test

Este test sirve para evaluar el equilibrio dinámico, siendo frecuentemente utilizada para predecir el riesgo de lesión de la extremidad inferior. Para la ejecución de este test el participante se debe posicionar en apoyo unipodal y con las manos en la cintura, colocando el pie sobre dos marcas fijadas en el suelo. El test consiste en alcanzar la mayor distancia posible en las direcciones anterior, posteromedial y posterolateral, tocando con el pie sobre las líneas colocadas en el suelo. Perder la posición unilateral, no lograr mantener la posición una vez alcanzada la distancia máxima, utilizar el momento de contacto de distancia máxima para el soporte de la postura o no lograr volver a la posición inicial bajo control, serán motivos para invalidar la prueba y tener que repetirla. La distancia se registra en centímetros y posteriormente se obtiene la media normalizada de tres mediciones ([Distancia

alcanzada/longitud de la pierna]*100). La medida global del rendimiento en esta prueba se obtiene promediando la distancia normalizada en cada dirección (Gribble, Hertel, & Plisky, 2012). Los valores más interesantes como medida de equilibrio están por encima del 90% de la longitud de la pierna, y a su vez las diferencias entre ambas piernas no deberán ser superiores al 5% (Gonell et al., 2015; Plisky et al., 2021).

Repeated Jump

Este es un test de saltos repetidos en la que se valora el índice de resistencia a la fuerza rápida y la fuerza explosiva de las extremidades inferiores. El protocolo consiste en realizar la mayor cantidad de saltos posibles durante 15 segundos, partiendo de una posición con las manos sobre la cintura, y una flexión de rodillas de 90°. Cada vez que se realice un salto se deberá descender y ascender de manera rápida, consecutiva y sucesiva sin parar en ningún momento y formando un ángulo de 90° al realizar la flexión de rodillas (Garrido et al., 2011).

Test de Craig

Es un test para determinar si el participante tiene una tendencia a una anteversión o retroversión de la cabeza femoral. El protocolo para la realización de este test se basa en colocar al participante en posición de decúbito prono con las rodillas flexionadas a 90°. Desde esta posición el participante debe realizar una rotación interna de la cadera para poder así ver el descenso que la pierna tiene, para ello se mide el ángulo para compararlo con los valores de referencia, 40-45° para la rotación interna (Universidad de Málaga, s.f.).

Plank anterior

Este test sirve para valorar la fuerza de la musculatura del core. El participante se debe colocar en decúbito supino, dejando caer el peso sobre la punta de los pies y sobre los antebrazos. El cuerpo deberá formar una línea recta, de manera que la altura del glúteo no descienda sobre esta línea. Para su evaluación se cronometra el tiempo en el que el participante mantiene la posición y se compara con los valores de referencia. No mantener la posición determinada será motivo de finalización de la prueba, y para superar la prueba se establece un tiempo superior a los 99 segundos en hombres entre los 20 y 29 años (Strand et al., 2014).

Entrenamiento

Una vez realizado las pruebas del análisis cinesiológico, se desarrolló un programa de ejercicio físico adaptado para cada sujeto que fue aplicado durante 6 semanas, en el que se trabajaba la musculatura implicada en las descompensaciones de cada deportista, con el objetivo de corregirlas (Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4).

DÍA 3. Pruebas realizadas en el Día 1 y Día 2

En este último día, los participantes fueron sometidos de nuevo a las pruebas realizadas en el Día 1 (análisis biomecánico, con un registro de idénticas variables en cuanto a la duración, velocidad e inclinación del tapiz) y Día 2 (pruebas cinesiológicas) con el objetivo de determinar si se obtuvieron diferencias en los Participantes 1, 2 y 3 tras el entrenamiento específico realizado durante las 6 semanas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis biomecánico realizado antes (Pre-) y después (Post-) del programa de entrenamiento, observándose que, de las 11 variables biomecánicas analizadas, cinco cambiaron en el Participante 2, una en el Participante 1 y dos en el Participante 3.

Tabla 6-. Resultados del análisis biomecánico pre y post en los días Día 1 y Día 3.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO							
	VARIABLES	PARTICIPANTE 1		PARTICIPANTE 2		PARTICIPANTE 3	
		PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
VISTA SAGITAL	Patrón de pisada	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Frecuencia de zancada	✓	✓	✗	✓	✗	✗
	Inclinación de la tibia en el impacto	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	La flexión de rodilla en el apoyo	✓	✓	✗	✓	✓	✓
	Extensión de cadera en el despegue	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Inclinación del tronco	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Pronación del pie	✓	✓	✗	✓	✗	✓

VISTA FRONTAL	Basculación de la pelvis	✗	✓	✗	✓	✗	✓
	Ventana de rodilla	✓	✓	✗	✓	✓	✓
	Lateralización del tronco y excesiva separación de los brazos	✗	✗	✓	✓	✗	✗
	Rotación del pie en el apoyo y alineación de los pies en apoyos sucesivos	✓	✓	✓	✓	✓	✓

En la Tabla 7 se muestran los resultados de las pruebas cinesiológicas realizadas antes (Pre) y después (Post) del programa de entrenamiento, observándose que todos los participantes dieron positivo en la prueba “Single Leg Squat Test”, y que hubo cambios significativos debidos al programa de entrenamiento.

Tabla 7-. Resultados de las pruebas cinesiológicas pre y post en los días Día 1 y Día 3.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CINESIOLÓGICAS						
Pruebas/Tests	PARTICIPANTE 1		PARTICIPANTE 2		PARTICIPANTE 3	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Single Leg Squat Test	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Y Balance Test	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Plank anterior Test	-	-	✗	✓	-	-
Repeated Jump Test	-	-	✓	✓	✓	✓

Test de Craig	-	-	-	-	×	×
---------------	---	---	---	---	---	---

Participante 1. En el primer análisis (Día 1) se observó que este corredor tenía una basculación de la pelvis que superaba los valores normales, además de una excesiva lateralización el tronco que se acompañaba de una excesiva separación de los brazos respecto al tronco. Por ello, se decidieron aplicar las pruebas cinesiológicas Single Leg Squat Test y el Y Balance Test para comprobar si la inestabilidad provenía de la articulación de la cadera o del tobillo, en las que se obtuvo un resultado positivo en la primera (es decir, no superó el test). Por ello, se le programó un entrenamiento compuesto de dos ejercicios que debía implementar durante sus entrenamientos, en los que se trabajaba la estabilidad en apoyo monopodal (a pesar de que en la valoración se viese que el participante no mostraba limitada estabilidad en el tobillo, por lo que no se obtuvieron mejoras en este aspecto) y a través del Monster Walk se trabajó la musculatura del glúteo medio (Tabla 4). En la segunda valoración (Día 3) el resultado mejoró en el Single Leg Squat Test, en el que esta vez se superó la prueba y no se observaron cambios en el Y Balance Test, la cual continuó con valores adecuados (Tabla 7). Con el trabajo de los músculos separadores de la cadera se consiguió que la basculación de la pelvis fuese normal. Sin embargo, no se consiguió disminuir la lateralización del tronco. Teniendo en cuenta que presenta buena estabilidad y ha mejorado la fuerza de los músculos separadores de la cadera, puede que el movimiento de los brazos no sea compensatorio si no que el corredor haya acostumbrado esa posición a su técnica de carrera.



Figura 7.- Comparación de la basculación de la pelvis del Participante 1 antes del entrenamiento (A) y tras el entrenamiento (B).

Participante 2. En el primer día (Día 1) se observaron una frecuencia de zancada baja y una flexión de la rodilla en el apoyo excesiva en el plano sagital, así como una excesiva pronación del pie, excesiva basculación de la pelvis y nula ventana de rodilla en el plano frontal. Por ende, se le valoró en un segundo día con el Single Leg Squat Test, Y Balance Test, Plank anterior Test y el Repeated Jump Test, obteniendo resultados positivos tan solo en la primera y tercera prueba (es decir, no se superaron estos test). Teniendo en cuenta el resultado de estas pruebas se le elaboró un entrenamiento (Tabla 5) compuesto de ejercicios para trabajar la musculatura del core, la musculatura separadora de la cadera, la estabilidad y el ritmo de carrera. En el Día 3, se repitieron las pruebas cinesiológicas y esta vez tanto el Single Leg Squat Test como el Plank anterior Test mejoraron consiguiendo valores adecuados (Tabla 7). Con el trabajo de la plancha se mejoró la fuerza y estabilidad de la musculatura del core, y con el trabajo de los músculos separadores de la cadera se redujo la basculación de la pelvis y se consiguió aumentar la ventana de rodilla (Tabla 6). Además, al trabajar el ritmo de carrera se obtuvo un aumento en la frecuencia de zancada, lo que conllevó a reducir la flexión de la rodilla en el apoyo y a una reducción en los valores de la pronación del pie. Posiblemente el conseguir una mayor activación del core y mayor fuerza en los músculos separadores de la cadera, también tuvo influencia en estas últimas variables analizadas, pero la frecuencia de zancada fue el aspecto clave que estaba sujeto a la flexión de rodilla y la pronación del pie (Heiderschet et al., 2011).



Figura 8.- Comparación de la flexión de rodilla en el impacto y la ventana de rodilla del Participante 2 antes del entrenamiento (A) y tras el entrenamiento (B).

Participante 3. En el primer análisis (Día 1) se observaron valores bajos en la frecuencia de zancada, una excesiva pronación del pie y basculación de la pelvis, así como una lateralización del tronco y excesiva separación de los brazos. En función de lo visto en el primer análisis, al deportista se le realizaron el Single Leg Squat Test, Y Balance Test, Repeated Jump Test y por último el Test de Craig (Día 2). El participante no superó las pruebas Single Leg Squat Test y Test de Craig, por lo que se le programó un entrenamiento basado en el trabajo de la musculatura separadora de la cadera, ejercicios de estabilidad y del ritmo de carrera (Tabla 6). Tras los entrenamientos de fortalecimiento del glúteo medio y de la estabilidad, se consiguió reducir la pronación del pie y la basculación de la pelvis en la última valoración (Día 3). Sin embargo, a pesar de entrenar el ritmo de carrera con un ritmo establecido o corriendo en cinta, no fue suficiente para mejorar su frecuencia de zancada, lo que posiblemente significa que el día del análisis no estaba en el ritmo real al que suele correr (por mucho que el deportista seleccionase la velocidad) o utiliza una excesiva amplitud de zancada. Lo mismo sucedió con la lateralización del tronco y la excesiva separación de los brazos, la cual en su caso posiblemente viene generada por una lesión que tuvo en un brazo y le limitó el movimiento, por lo que puede ser generada como un movimiento compensatorio. Asimismo, en la valoración de las pruebas cinesiológicas se reflejó la mejora de la fuerza de los músculos separadores de la cadera ya que el Single Leg Squat Test fue superado por el deportista (Tabla 7). En cambio, los valores en el Test de Craig se mantuvieron parecidos en la valoración Pre-Post, lo que puede significar falta de fuerza en los músculos rotadores internos de la cadera, acortamiento en músculos de la cadera o deformidades óseas (Tak et al., 2016).



Figura 8.- Comparación de la basculación de la pelvis del Participante 3 antes del entrenamiento (A) y tras el entrenamiento (B).

Tras exponer los resultados de los Participantes 1, 2 y 3 podemos darnos cuenta de las similitudes de las que los tres participantes compartían antes de realizar el entrenamiento. Es importante mencionar que los tres son corredores de medio fondo o fondo, lo cual puede indicar que no le dedican suficiente tiempo ni importancia al trabajo del glúteo medio o de los músculos separadores de la cadera. Se ha visto que los corredores de medio-fondo y fondo a menudo tienen debilidad en su cadera y conlleva al síndrome de la banda iliotibial, y el glúteo medio asiste en la rotación externa o desacelera la rotación interna (Fredericson et al., 2000). Esto lo podemos ver reflejado en la basculación de la pelvis, la cual ha mejorado con un entrenamiento específico de la musculatura en tan solo seis semanas, teniendo en cuenta que una caída pélvica en la carrera conlleva a una excesiva aducción de cadera, y esta se relaciona con un mayor riesgo de lesión (Nicola & Jewison, 2012). Esta mejora se ha reflejado en las pruebas cinesiológicas, ya que los tres participantes no superaron el Single Leg Squat Test en la primera valoración, pero tras el entrenamiento los tres consiguieron superarla (Tabla 7). Por otra parte, la frecuencia de zancada también era baja en el Día 1 en dos de los participantes, la cual ha sido mejorada en uno de ellos con el entrenamiento, llegando a valores recomendados de 180 pasos por minuto en entrenamiento y cercanos a 190 en competición (Quinn et al., 2021). Además, un pequeño incremento en la cadencia de zancada puede reducir la carga en las articulaciones de la rodilla y cadera al correr, por lo que es un aspecto positivo al reducir el riesgo de lesiones en la carrera (Heiderscheit et al., 2011). A su vez, para reducir en mayor proporción el riesgo de lesiones en la carrera se recomienda reducir la amplitud de la zancada para así aumentar la frecuencia, lo que conlleva a la

reducción de la magnitud de varios factores biomecánicos relacionados con las lesiones (Schubert et al., 2014). Esta baja cadencia puede deberse al correr en cinta, ya que son corredores que entrenan en pista y al correr en un tapiz su ritmo se vea alterado o no identifiquen realmente su ritmo de entrenamiento. Por ende, se ha visto que la cuantificación de la dinámica de la marcha en cinta de correr no necesariamente refleja el movimiento en entornos al aire libre (Lindsay et al., 2014). Por último, la lateralización del tronco y la excesiva separación de los brazos se vio en dos de los corredores, y en ninguno de ellos ha desaparecido tras el programa de entrenamiento (Tabla 6). En relación con lo mencionado anteriormente, puede que esta excesiva separación de brazos tenga relación con la baja frecuencia de zancada, ya que se ha demostrado su relación cuando se corre a velocidades de marcha bajas (Punt et al., 2015). Igualmente, sería interesante incluir más pruebas cinesiológicas para valorar la estabilidad y comprobar si ese es el problema que conlleva a realizar movimientos compensatorios en el tren superior.

5. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

Las pruebas biomecánicas y cinesiológicas seleccionadas han permitido aplicar un protocolo de entrenamiento que ha sido efectivo para corregir varios de los desajustes biomecánicos de la carrera en los tres participantes analizados. Los mayores cambios se observaron en el Participante 2, siendo menores en los Participantes 1 y 3, lo cual pudo deberse principalmente a la corrección de la frecuencia de zancada. Es decir, puede que en el caso del Participante 2 la baja frecuencia de zancada se relacionase con una excesiva flexión de la rodilla en el impacto, lo que a su vez conllevaba a la excesiva pronación del pie.

Como principal aplicación práctica, se han introducido programas de entrenamiento en la propia rutina de los participantes de manera individualizada sin alterar sustancialmente la misma, basadas en las descompensaciones observadas en cada participante. Estos programas de entrenamiento han demostrado ser eficaces en múltiples aspectos del análisis biomecánico, observándose también mejoras en las pruebas cinesiológicas.

En cuanto a futuros trabajos, sería interesante valorar todas las variables posibles para así confirmar de dónde viene cada descompensación (en este caso para ver de dónde proviene realmente la lateralización del tronco y la excesiva separación de los brazos). A su vez, otra opción interesante sería aumentar el tiempo del entrenamiento, para comprobar si las variables que no han mejorado podrían ser mejoradas dedicando un tiempo de entrenamiento mayor a seis semanas (puede que un aumento en el tiempo de entrenamiento reduzca la lateralización del tronco y la excesiva separación de los brazos).

Concluyendo, como se ha visto a lo largo del trabajo, el diseño y aplicación de un entrenamiento específico durante seis semanas es suficiente para conseguir cambios sustanciales en algunas de las variables biomecánicas. Sin embargo, no es suficiente tiempo para mejorar todas las descompensaciones por lo que sería interesante aumentar el tiempo de entrenamiento para consolidar las mejoras e introducir distintos ejercicios y test de valoración que ayuden a mejorar las variables que no han podido ser mejoradas durante este trabajo.

6. BIBLOGRAFÍA

- Alnahdi, A. H., Alderaa, A. A., Aldali, A. Z., & Alsobayel, H. (2015). Reference values for the Y Balance Test and the lower extremity functional scale in young healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(12), 3917–3921. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3917>
- Berryman, N., Maurel, D., & Bosquet, L. (2010). Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1818-1825. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def1f5>
- Bertelsen, M. L., Jensen, J. F., Nielsen, M. H., Nielsen, R. O., & Rasmussen, S. (2013). Footstrike patterns among novice runners wearing a conventional, neutral running shoe. *Gait and Posture*, 38(2), 354-356. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.11.022>
- Buist, I., Bredeweg, S. W., Lemmink, K. A., van Mechelen, W., & Diercks, R. L. (2010). Predictores de lesiones relacionadas con la carrera en corredores novatos inscritos en un programa de entrenamiento sistemático: un estudio de cohorte prospectivo. *American Journal of Sports Medicine*, 38(2), 273-280. <https://doi.org/10.1177/0363546509358087>
- Céspedes, E. (2018). Diseño y aplicación de un protocolo integral de valoración kinesiológica y biomecánica en corredores (Trabajo fin de máster). Universidad de León, León. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10612/8468>
- Craib, M. W., Mitchell, V. A., & Fields, K. B. (1996). The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(6), 737-743. <https://doi.org/10.1097/00005768-199606000-00012>
- Crossley, K. M., Zhang, W. J., Schache, A. G., Bryant, A., & Cowan, S. M. (2011). Performance on the single-leg squat task indicates hip abductor muscle function. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(4), 866–873. <https://doi.org/10.1177/0363546510395456>

- Denadai, B. S., & Greco, C. C. (2022). Could middle- and long-distance running performance of well-trained athletes be best predicted by the same aerobic parameters? *Current Research in Physiology*, 5, 265–269. <https://doi.org/10.1016/j.crphys.2022.06.006>
- 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. <https://doi.org/10.1123/ijspp.5.2.249>
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 943-949. <https://doi.org/10.1519/R-19725.1>
- Fields, K. B., Sykes, J. C., Walker, K. M., & Jackson, J. C. (2010). Prevention of running injuries. *Current Sports Medicine Reports*, 9(3), 176–182. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181de7ec5>
- Fokkema, T., de Vos, R. J., van Ochten, J. M., Verhaar, J. A., Davis, I. S., Bindels, P. J., & van Middelkoop, M. (2017). Preventing running-related injuries using evidence-based online advice: the design of a randomised-controlled trial. *BMJ open sport and exercise medicine*, 3(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2017-000265>
- Foster, C., & Lucia, A. (2007). Running economy: the forgotten factor in elite performance. *Sports Medicine*, 37(4-5), 316-319. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00011>
- Franz, J. R., Wierzbinski, C. M., & Kram, R. (2012). Metabolic cost of running barefoot versus shod: is lighter better? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(8), 1519-1525. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182514a88>
- Fredericson, M., Cookingham, C. L., Chaudhari, A. M., Dowdell, B. C., Oestreicher, N., & Sahrmann, S. A. (2000). Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 10(3), 169–175. <https://doi.org/10.1097/00042752-200007000-00004>
- García-López, J. (2008). Manifestación de las fuerzas aerodinámicas en diferentes deportes: ciclismo y atletismo. En M. Izquierdo (Ed.). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte* (pp. 415-445). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Garrido, R., González, M., Expósito, I., Sirvent, J., & García, M. (2011). Valores del Test de Bosco en Función del Deporte. Recuperado el 26 de abril, 2023, de <https://g-se.com/valores-del-test-de-bosco-en-funcion-del-deporte-500-sa-T57cfb2715112d>

- Gonell, A. C., Romero, J. A., & Soler, L. M. (2015). Relationship between the Y balance test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(7), 955–966. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4675196/pdf/ijspt-10-955.pdf>
- Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339–357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>
- Glazier, P. S., & Mehdizadeh, S. (2019). Challenging Conventional Paradigms in Applied Sports Biomechanics Research. *Sports Medicine*, 49(2), 171–176. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1030-1>
- Gómez, N., Mora, E., Astorga, B., Contreras, N., Cancino, I., Pavez, G. (2019). Equilibrio dinámico y calidad del movimiento en corredores aficionados. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 20(1), 1-11. <http://doi.org/10.29035/rcaf.20.1.8>
- Hall, J. P., Barton, C., Jones, P. R., & Morrissey, D. (2013). The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Medicine*, 43(12), 1335–1353. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0084-3>
- Hanson, N. J., Berg, K., Deka, P., Meendering, J. R., & Ryan, C. (2011). Oxygen cost of running barefoot vs. running shod. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 401-406. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1265203>
- Hasegawa, H., Yamauchi, T., & Kramer, W. J. (2007). Foot strike patterns of runners at the 15 km point during an elite-level half marathon. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 888-893. <https://doi.org/10.1519/R-22096.1>
- Hayes, P., & Caplan, N. (2012). Foot strike patterns and ground contact times during high-calibre middle-distance races. *Journal of Sports Science*, 30(12), 1275-1283. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.707326>
- Heiderscheit, B. C., Chumanov, E. S., Michalski, M. P., Wille, C. M., & Ryan, M. B. (2011). Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(2), 296–302. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ebedf4>
- Hirschmuller, A., Frey, V., Konstantinidis, L., Baur, H., Dickhuth, H. H., & Schmidlein, O. (2012). Valor pronóstico de la ecografía doppler del tendón de Aquiles en corredores asintomáticos. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 199-205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822cb0c9>

- Hobara, H., Sato, T., Sakaguchi, M., Sato, T., & Nakawaza, K. (2012). Step frequency and lower extremity loading during running. *International Journal of Sports Medicine*, 33(4), 310-313. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1291232>
- Hue, O. (2011). The challenge of performing aerobic exercise in tropical environments: applied knowledge and perspectives. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(4), 443-454. <https://doi.org/10.1123/ijspp.6.4.443>
- Hunter, I., & Smith, G. A. (2007). Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: Changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *European Journal of Applied Physiology*, 100(6), 653-661. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0456-1>
- Karageorghis, C. I., Terry, P. C., Lane, A. M., Bishop, D. T., & Priest, D. L. (2012). The BASES Expert Statement on use of music in exercise. *Journal of Sports Science*, 30(9), 953-956. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.676665>
- Kasmer, M. E., Liu, X. C., Roberts, K. G., & Valadao, J. M. (2013). Foot-strike pattern and performance in a marathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(3), 286-292. <https://doi.org/10.1123/ijspp.8.3.286>
- Kluitenberg, B., Bredeweg, S. W., Zijlstra, S., Zijlstra, W., & Buist, I. (2012). Comparison of vertical ground reaction forces during overground and treadmill running. A validation study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 235. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-235>
- Knechtle, B., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2010). Race performance in male mountain ultra-marathoners: anthropometry or training? *Perceptual and Motor Skills*, 110(3), 721-735. <https://doi.org/10.2466/PMS.110.3.721-735>
- Lara, B., Salinero, J. J., & Del Coso, J. (2014). Altitude is positively correlated to race time during the marathon. *High Altitude Medicine and Biology*, 15(1), 64-69. <https://doi.org/10.1089/ham.2013.1066>
- Lavcanska, V., Taylor, N. F., & Schache, A. G. (2005). Familiarization to treadmill running in young unimpaired adults. *Human Movement Science*, 24(4), 544-557. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2005.08.001>
- Lavín, A. (2019). Influencia de un análisis biomecánico y cinesiológico en la prevención de lesiones en corredores de medio fondo (Trabajo de fin de grado). Universidad de León, León.
- Lindsay, T. R., Noakes, T. D., & McGregor, S. J. (2014). Effect of treadmill versus overground running on the structure of variability of stride timing. *Perceptual and motor skills*, 118(2), 331-346. <https://doi.org/10.2466/30.26.PMS.118k18w8>
- López Chicharro, J., Calvo Martínez, F., y Fernández Vaquero, A. (2001). Consumo de oxígeno: concepto, bases fisiológicas y aplicaciones. En J. López Chicharro, & A.

Fernández Vaquero (Eds.). *Fisiología del ejercicio* (pp. 247-257). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

- López López, F. A., Martínez Cubides, W. J., y Acosta Tova, P. J. (2019). Entrenamiento pliométrico: efecto en atletas de élite. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 6(1), 32–42. <https://doi.org/10.31910/rdafd.v6.n1.2020.1422>
- Marino, F. E., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2004). Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions. *Journal of Applied Physiology*, 96(1), 124-130. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00597.2003>
- Maughan, R. J. (2010). Distance running in hot environments: a thermal challenge to the elite runner. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(3), 95-102. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01212.x>
- McArdle, W. D.; Katch, F. I., y Katch, V. L. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Aravaca (Madrid): McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
- McCann, D. J., & Higginson, B. K. (2008). Training to maximize economy of motion in running gait. *Current Sports Medicine Reports*, 7(3), 158-162. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000319711.63793.84>
- McKenzie, D. C., Clement, D., & Taunton, J. E. (1985). Running shoes, orthotics, and injuries. *Sports Medicine*, 2(5), 334-347. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502050-00003>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2015). Encuesta de Hábitos Deportivos 2015 [PDF]. Recuperado de <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:ebf5ee1a-69c8-4809-9e7d-30ca5425e8d9/encuesta-de-habitos-deportivos-2015.pdf>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2022). Encuesta de Hábitos Deportivos en España. Recuperado de <https://www.culturaydeporte.gob.es/servicios-al-ciudadano/estadisticas/deportes/encuesta-habitos-deportivos-en-espana.html>
- Nicola, T. L., & Jewison, D. J. (2012) The anatomy and biomechanics of running. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 187-201. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.10.001>
- Ogueta-Alday, A., & García-López, J. (2016). Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 12(45), 278-308. <https://doi.org/10.5232/ricyde.2016.04503>
- Ogueta-Alday, A., Rodríguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2013). Variables antropométricas, fisiológicas y biomecánicas determinantes del rendimiento en corredores de media maratón. *Biomecánica*, 21(1), 20-29.
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy*, 4(2), 92–99.

- Plisky, P., Schwartkopf-Phifer, K., Huebner, B., Garner, M. B., & Bullock, G. (2021). Systematic Review and Meta-Analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, Discriminant Validity, and Predictive Validity. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(5), 1190–1209. <https://doi.org/10.26603/001c.27634>
- Punt, M., Bruijn, S. M., Wittink, H., & van Dieën, J. H. (2015). Effect of arm swing strategy on local dynamic stability of human gait. *Gait and posture*, 41(2), 504–509. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.002>
- Quinn, T. J., Dempsey, S. L., LaRoche, D. P., Mackenzie, A. M., & Cook, S. B. (2021). Step Frequency Training Improves Running Economy in Well-Trained Female Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9), 2511-2517. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003206>
- Real Federación Española de Atletismo y Consejo Superior de Deportes. (2021). Encuesta al corredor 2021. Recuperado de https://www.diffusionsport.com/wp-content/uploads/2021/05/EncuestaCORREDOR_RFEA_CSD_2021.pdf
- Roy, J. P., & Stefanyshyn, D. J. (2006). Shoe midsole longitudinal bending stiffness and running economy, joint energy, and EMG. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(3), 562-569. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000193562.22001.e8>
- Salles, A. S., & Gyi, D. E. (2013). An evaluation of personalised insoles developed using additive manufacturing. *Journal of Sports Science*, 31(4), 442-450. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.736629>
- Santos, P. (2020). Prevención de lesiones en atletas de fondo y mediofondo (Trabajo de fin de grado). Universidad de Salamanca, Salamanca. https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/143722/TFG_SantosAlfageme_Atletas_Fondo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saragiotto, B. T., Yamato, T. P., Hespanhol Junior, L. C., Rainbow, M. J., Davis, I. S., & Lopes, A. D. (2014). What are the main risk factors for running-related injuries?. *Sports medicine*, 44(8), 1153–1163. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0194-6>
- Sasaki, K., & Neptune, R. R. (2006). Muscle mechanical work and elastic energy utilization during walking and running near the preferred gait transition speed. *Gait and Posture*, 23(3), 383-390. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.05.002>
- Sawka, M. N., Chevront, S. N., & Kenefick, R. W. (2015). Hypohydration and Human Performance: Impact of Environment and Physiological Mechanisms. *Sports Medicine*, 45 (Suppl 1), S51–S60. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0395-7>

- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Schubert, A. G., Kempf, J., & Heiderscheit, B. C. (2014). Influence of stride frequency and length on running mechanics: a systematic review. *Sports Health*, 6(3), 210–217. <https://doi.org/10.1177/1941738113508544>
- Souza R. B. (2016). An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 27(1), 217–236. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.08.006>
- Steudel-Numbers, K. L., Weaver, T. D., & Wall-Scheffler, C. M. (2007). The evolution of human running: effects of changes in lower-limb length on locomotor economy. *Journal of Human Evolution*, 53(2), 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.04.001>
- Støren, Ø., Helgerud, J., & Hoff, J. (2011). Running stride peak forces inversely determines running economy in elite runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 117-123. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b62c8a>
- Strand, S. L., Hjelm, J., Shoepe, T. C., & Fajardo, M. A. (2014). Norms for an isometric muscle endurance test. *Journal of human kinetics*, 40, 93–102. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0011>
- Suances, P. (2014). Running, una fiebre multimillonaria. El Mundo. Recuperado de: <https://www.elmundo.es/economia/2014/01/19/52daf5db22601d436e8b4574.html>
- Svedenhag, J. (2000). Running Economy. En J. Bangsbo & H. B. Larsen (Eds.), *Running & Science in an interdisciplinary Perspective* (pp. 85-107). Copenhagen: Institute of Exercise and Sport Sciences.
- Tak, I., Glasgow, P., Langhout, R., Weir, A., Kerkhoffs, G., & Agricola, R. (2016). Hip Range of Motion Is Lower in Professional Soccer Players With Hip and Groin Symptoms or Previous Injuries, Independent of Cam Deformities. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(3), 682–688. <https://doi.org/10.1177/0363546515617747>
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R., & Zumbo, B. D. (2003). Un estudio prospectivo de las lesiones por correr: las clínicas Vancouver Sun Run "In Training". *British Journal of Sports Medicine*, 37(3), 239-244. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.3.239>
- Tejero-González, C. M. (2015). The Number of Runners in Spain Increased During the First Decade of the 21st century. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 120, 73-75. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/2\).120.10](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/2).120.10)

- Townshend, A. D., Worringham, C. J., & Stewart, I. B. (2010). Spontaneous pacing during overground hill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 160-169. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae975f>
- Universidad de Málaga. (s.f.). Prueba de Craig: Ante o retro-posición, movimiento en descarga. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de https://www.uma.es/departamento-de-fisioterapia/info/130171/prueba-de-craig-ante-o-retro-postura-movimiento-en-descarga/?set_language=en
- Urbaneja, J. S., Pedro Julião, R., Nogueira Mendes, R. M., Dorado, V., & Farías-Torbidoni, E. I. (2021). Impacto de la COVID-19 en la práctica deportiva de personas participantes en eventos deportivos de carrera a pie y ciclismo en España y Portugal. *Retos*, 39, 743–749. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.82564>
- Van der Worp, M. P., ten Haaf, D. S., Van Cingel, R., de Wijer, A., Nijhuis-van der Sanden, M. W., & Staal, J. B. (2015). Injuries in runners: A systematic review on risk factors and sex differences. *Plos one*, 10(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114937>
- Walter, S. D., Hart, L. E., McIntosh, J. M., & Sutton, J. R. (1989). The Ontario cohort study of running-related injuries. *Archives of internal medicine*, 149(11), 2561–2564.
- Wen, D. Y., Puffer, J. C., & Schmalzried, T. P. (1997). Alineación de las extremidades inferiores y riesgo de lesiones por uso excesivo en corredores. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(10), 1291-1298. <https://doi.org/10.1097/00005768-199710000-00007>
- Wen, D. Y., Puffer, J. C., & Schmalzried, T. P. (1998). Lesiones en corredores: un estudio prospectivo de alineación. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 8(3), 187-194. <https://doi.org/10.1097/00042752-199807000-00004>
- Wilber, R. L. (2011). Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 271-286. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.07>
- Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63(3), 1236-1245. <https://doi.org/10.1152/jappl.1987.63.3.1236>
- Wilson, J. M., Hornbuckle, L. M., Kim, J. S., Ugrinowitsch, C., Lee, S. R., Zourdos, M. C., Sommer, B., & Panton, L. B. (2010). Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *Journal of strength and conditioning research*, 24(9), 2274–2279. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b22ad6>

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1.- Práctica deportiva posterior al confinamiento (adaptado de Urbaneja et al., 2021).

PRÁCTICA DEPORTIVA POSTERIOR AL CONFINAMIENTO		
Abandonó la práctica de la modalidad principal	SI	1,1%
Cambió en la forma de practicar la modalidad principal	SI	31,8%
Preocupación del efecto de la Covid-19 en la práctica deportiva habitual y futura participación en eventos deportivos	Ligeramente preocupado	54%
En relación a la organización de eventos	Van a cambiar en algo	42,8%

7.1. Anexo 2.- Consentimiento de participación en el estudio.

CONSENTIMIENTO DEL PARTICIPACIÓN
<p>Participación en el trabajo de fin de grado elaborado por Eneko Rodríguez del Campo en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en la Universidad de León.</p> <p>Yo,, con documento de identidad doy mi consentimiento para participar en las pruebas de análisis biomecánico en un tapiz, las necesarias pruebas cinesiológicas y un programa de entrenamiento deportivo adaptado a mis descompensaciones.</p> <p>Certifico que he sido informado(a) con claridad respecto al ejercicio académico al que he sido invitado(a), que actúo voluntario y libremente como colaborador(a), sobre el cual conozco los riesgos inherentes del mismo. Comprendo que puedo retirarme del ejercicio académico, cuando lo estime conveniente y sin necesidad de justificación alguna, por lo tanto, eximo de cualquier responsabilidad al responsable del estudio.</p> <p>Lugar y fecha:</p> <p>Fdo:</p>

7.1. Anexo 3.- Entrenamiento del participante 1 en base a lo analizado en el Día 1 y Día 2.

ENTRENAMIENTO DEL PARTICIPANTE 1		
DESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO	FRECUENCIA	IMAGEN
<p>-Ejercicio de estabilidad. El deportista se debe colocar en apoyo monopodal, mientras un compañero le lanza un balón para que este lo recepcione y lo lance de vuelta.</p>	<p>-Cada serie tiene una duración hasta el máximo del participante o un máximo de 1 minuto en caso de completarlo.</p> <p>-3 series con cada pierna.</p> <p>-2 minutos de descanso entre series.</p> <p>-2 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: subirse sobre una plataforma inestable y realizar el mismo ejercicio, responder a distintos estímulos (responder preguntas mientras se le está lanzando el balón), cerrar los ojos...</p>	
<p>-Monster Walk con banda elástica. El deportista debe colocarse la banda elástica entre ambas piernas (ligeramente por encima de las rodillas), y con ambas piernas separadas se debe caminar lateralmente de manera que se realice una abducción de la pierna.</p>	<p>-Cada serie se compone de 8 pasos con cada pierna.</p> <p>-8 series por sesión.</p> <p>-3 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: añadir 1-2 series y 1-2 repeticiones por semana si el deportista siente mejoría y comodidad, cambiar la goma a una de mayor intensidad...</p>	

7.1. Anexo 4.- Entrenamiento del participante 2 en base a lo analizado en el Día 1 y Día 2.

ENTRENAMIENTO DEL PARTICIPANTE 2		
DESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO	FRECUENCIA	IMAGEN
<p>-Plancha frontal. El deportista se debe colocar boca abajo, dejando caer todo su peso sobre sus antebrazos y la punta de los pies, de manera que el resto del cuerpo no esté en contacto con el suelo y se encuentre alineado.</p>	<p>-Cada repetición tendrá una duración de 40 segundos.</p> <p>-3 series por bloque.</p> <p>-10-15 s de descanso entre series.</p> <p>-3 bloques por sesión, con un descanso de 2 minutos y 30 segundos entre bloques.</p> <p>-Progresión: añadir dificultad, colocando un fitball en los pies o en los antebrazos a medida que se mejora.</p>	
<p>-Monster Walk con banda elástica. El deportista debe colocarse la banda elástica entre ambas piernas (ligeramente por encima de las rodillas), y con ambas piernas separadas se debe caminar lateralmente de manera que se realice una abducción de la pierna.</p>	<p>-Cada serie se compone de 8 pasos con cada pierna.</p> <p>-8 series por sesión.</p> <p>-3 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: añadir 1-2 series y 1-2 repeticiones por semana si el deportista siente mejoría y comodidad, cambiar la goma a una de mayor intensidad...</p>	

<p>-Ejercicio de estabilidad. El deportista se debe colocar en apoyo monopodal, mientras un compañero le lanza un balón para que este lo recepcione y lo lance de vuelta.</p>	<p>-Cada serie tiene una duración hasta el máximo del participante o un máximo de 1 minuto en caso de completarlo. -3 series con cada pierna. -2 minutos de descanso entre series. -2 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: subirse sobre una plataforma inestable y realizar el mismo ejercicio, responder a distintos estímulos (responder preguntas mientras se le está lanzando el balón), cerrar los ojos...</p>	
<p>-Trabajo de carrera con ritmo. El deportista deberá correr (preferiblemente en cinta) al ritmo de canciones que marquen 90 o 180 bmp para acostumbrar al deportista a correr a una frecuencia más alta.</p>	<p>-2 sesiones por semana. -Duración indefinida, en función de la duración de su entrenamiento.</p>	
<p>-Sentadilla con mini band. El deportista debe colocar una banda elástica entre sus piernas, ligeramente por encima de las rodillas. El ejercicio consiste en realizar una sentadilla, pero con la</p>	<p>-Cada serie se compone de 8 repeticiones. -4 series por sesión. -2 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: añadir 1 serie y 1 repetición por semana si el deportista siente mejoría y comodidad,</p>	

banda la activación del glúteo será mayor.	cambiar la goma a una de mayor intensidad...	
--	--	--

7.1. Anexo 5.- Entrenamiento del participante 3 en base a lo analizado en el Día 1 y Día 2.

ENTRENAMIENTO DEL PARTICIPANTE 3		
DESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO	FRECUENCIA	IMAGEN
<p>-Sentadilla con mini band. El deportista debe colocar una banda elástica entre sus piernas, ligeramente por encima de las rodillas. El ejercicio consiste en realizar una sentadilla, pero con la banda la activación del glúteo será mayor.</p>	<p>-Cada serie se compone de 8 repeticiones. -4 series por sesión. -2 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: añadir 1 serie y 1 repetición por semana si el deportista siente mejoría y comodidad, cambiar la goma a una de mayor intensidad...</p>	
<p>-Monster Walk con banda elástica. El deportista debe colocarse la banda elástica entre ambas piernas (ligeramente por encima de las rodillas), y con ambas piernas separadas se debe caminar lateralmente de manera que se realice una abducción de la pierna.</p>	<p>-Cada serie se compone de 8 pasos con cada pierna. -8 series por sesión. -3 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: añadir 1-2 series y 1-2 repeticiones por semana si el deportista siente mejoría y comodidad, cambiar la goma a una de mayor intensidad...</p>	

<p>-Ejercicio de estabilidad. El deportista se debe colocar en apoyo monopodal, mientras un compañero le lanza un balón para que este lo recepcione y lo lance de vuelta.</p>	<p>-Cada serie tiene una duración hasta el máximo del participante o un máximo de 1 minuto en caso de completarlo.</p> <p>-3 series con cada pierna.</p> <p>-2 minutos de descanso entre series.</p> <p>-2 sesiones por semana.</p> <p>-Progresión: subirse sobre una plataforma inestable y realizar el mismo ejercicio, responder a distintos estímulos (responder preguntas mientras se le está lanzando el balón), cerrar los ojos...</p>	
<p>-Trabajo de carrera con ritmo. El deportista deberá correr (preferiblemente en cinta) al ritmo de canciones que marquen 90 o 180 bpm para acostumbrar al deportista a correr a una frecuencia más alta.</p>	<p>-2 sesiones por semana.</p> <p>-Duración indefinida, en función de la duración de su entrenamiento.</p>	