



**UGR** Universidad  
del Gran Rosario

**TESINA**

**Presentada para acceder al título de grado de la carrera de:  
CICLO de COMPLEMENTACION CURRICULAR de  
LICENCIATURA en ACTIVIDAD FISICA.**

**Título:**

**“Entrenamiento del pie en un corredor de calle popular”**

**Autores:**

**Gilabert, Camila Iriel. 39580288**

**Gilabert, Daniel Alberto. 24299843**

**Directora:**

**Lic. Mildenberger Clarisa**

**Fecha de presentación:**

**1/02/2022**

## RESUMEN

### Introducción:

La habilidad técnica del apoyo del pie en el corredor es fundamental para el rendimiento, alejarlos de las lesiones y tiene una relación directa en el rendimiento sobre el nivel competitivo. El pie es un segmento corporal muy nombrado en la actualidad, desde el marketing y las diversas fuentes se ofrecen actividades preventivas y de rendimiento físico para gran parte de la población, sin tener en cuenta la función del mismo.

Se busca desarrollar un protocolo de ejercicios específicos con cargas inerciales, para entrenar el pie del deportista, esto proporcionaría estabilidad dinámica, potenciaría el gesto motor y su rendimiento.

**Objetivo general:** analizar el entrenamiento del pie con cargas inerciales sobre la mecánica de los miembros inferiores de un corredor de popular de calle.

**Materiales y métodos:** Se utilizó un método de entrenamiento de cargas inerciales con la prescripción de 6 ejercicios por cada sesión, con un volumen creciente, durante 9 semanas en un gimnasio bajo techo. El método de evaluación fue el test de equilibrio dinámico denominado test de la estrella (SEBT) y la escala de esfuerzo percibido.

**Resultados:** Se compararon los valores obtenidos en el test de la estrella para cada pie en los 8 vectores, se obtuvo que mejoró un 9,6% con respecto al test inicial.

En cuanto a los tiempos de ejecución de cada vector, se constató que hubo una mejora del 33,5% en relación al test inicial. Con respecto a los mecanismos compensatorios en el segundo test mostró mejor estabilidad y control postural. Y para la sensación subjetiva del esfuerzo, puntuó 2 puntos debajo de sensación con respecto al test inicial.

**Conclusión:** Se demostró que el deportista incrementó sus capacidades de ejecución de equilibrio dinámico, estabilidad y el rendimiento de forma subjetiva porque se pudieron ejecutar ejercicios de manera integrada en los tres planos.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	OBJETIVOS .....	2
	II.a) Objetivo general:.....	2
	II.b) Objetivo específico: .....	2
III.	MARCO TEÓRICO .....	3
	III. a) Evolución del pie. ....	3
	III. b) El pie, un sistema complejo.....	4
	III.c) Arcos del pie .....	5
	III.d) Biomecánica y función del pie. ....	6
	III.e) Evaluaciones.....	7
	Star Excursion Balance Test. ....	7
	Índice de Esfuerzo Percibido .....	8
	III.f) Estrategias para fortalecer el pie.....	9
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	11
V.	MATERIAL Y MÉTODOS /METODOLOGÍA / PROCEDIMIENTOS.....	12
	V.I) Búsqueda bibliográfica .....	12
	V.II) Presentación del caso.....	12
	V.III) Procedimiento del caso:.....	12
	V.III.a) Los criterios de selección del deportista fueron: .....	13
	V.III.b) Star Excursion Balance Test (SEBT).....	13
	V.III.c) Descripción del procedimiento.....	14
	Evaluación de inicio:.....	14
	Evaluación de finalización: .....	14
	Variables evaluadas: .....	15
	Protocolo de entrenamiento para el pie: .....	15
VI.	RESULTADOS .....	20

VII.	DISCUSIÓN.....	26
VIII.	CONCLUSIONES.....	28
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
X.	ANEXOS.....	32

## I. INTRODUCCIÓN

La práctica del pedestrismo en todos sus niveles requiere, por parte del corredor, un grado de formación y habilidades en capacidades físicas y técnicas.

En este caso la carrera se desarrolla de manera triplanar, recibiendo una carga compresiva y una inercial, por lo cual a lo largo de una competencia de calle el corredor ejecuta un elevado número de repeticiones por ciclo de piernas, con un promedio de 174 y 180 pasos por minuto, considerando que la mayoría de los entrenamientos de capacidades físicas se dan en suelo duro 4 días a la semana y el trabajo técnico y de prevención se realiza en gimnasio bajo techo 2 a 3 veces a la semana (1).

La habilidad técnica del apoyo del pie en el corredor es fundamental para el rendimiento y alejarlo de las lesiones y tiene una relación directa en el rendimiento sobre el nivel competitivo.

La creencia tradicional conlleva que la práctica del pedestrismo es una actividad básica y simple. Generalmente esto conduce a la auto planificación, generando factores de riesgo como: faltas de exámenes previos, desconocimiento de lesiones frecuentes en los pies y déficit en la preparación física (2).

La clase élite de esta disciplina lleva una planificación y seguimiento constante. No así para la clase popular, que posee un menor bagaje motriz sobre la técnica y una falta de planificación del entrenamiento, además el fácil acceso a las redes brinda mucha información que le permite creer que realizando “dichas” actividades evitará lesiones y obtendrá los resultados deseados (1).

El pie es un segmento corporal muy nombrado en la actualidad, desde el marketing y las diversas fuentes se ofrecen actividades preventivas y de rendimiento físico para gran parte de la población, sin tener en cuenta la función del mismo.

Cuando se busca sobrepasar la brecha de lo recreacional a un entrenamiento con fines competitivos, surgen una serie de problemas debido a las grandes masas, el marketing y el espectáculo, esto genera el déficit técnico, coordinativo y disfuncional del amateurismo, por lo que se plantea cómo se podría mejorar la preparación física de los corredores amateur para reducir el riesgo de lesiones y aumentar el rendimiento.

Se busca desarrollar un protocolo de ejercicios específicos con cargas inerciales, para entrenar de manera real el pie del deportista, esto proporcionaría

estabilidad dinámica, potenciaría el gesto motor y su rendimiento en el entrenamiento (3).

## **II. OBJETIVOS**

### **II.a) Objetivo general:**

- Analizar los efectos del entrenamiento del pie con cargas inerciales sobre la mecánica de los miembros inferiores de un corredor popular de calle.

### **II.b) Objetivo específico:**

- Evaluar el pie en 8 vectores utilizando un protocolo de evaluación de equilibrio dinámico (SEBT).
- Valorar las distancias de alcance y mecanismos compensatorios en el test de la Estrella (SEBT)
- Contabilizar los tiempos de ejecución de alcances, antes y después de la intervención.
- Comparar antes y después la percepción subjetiva del esfuerzo con la escala de BORG.

### III. MARCO TEÓRICO

#### III. a) Evolución del pie.

El pie humano ha evolucionado a partir de un cambio de hábitos locomotores desde la cuadrupedia a la bipedestación. Al caminar bípedo, la marcha de los chimpancés se ve comprometida por la ausencia de especializaciones estructurales, que permitan que el pie humano opere como un sistema de palanca rígido y compacto durante la última mitad de la postura (4).

Los chimpancés cuentan con dedos más largos y la oposición del hallux, tobillos móviles, como así también, poseen capacidad de flexión en la región del mediopié durante el impulso para mejorar la prensibilidad en la locomoción arbórea, debido a la falta de arcos y articulaciones móviles del mediopié (5).

Los primeros miembros del género homo para los cuales hay evidencia adecuada poseían una estructura de pie esencialmente moderna, que incluía un arco longitudinal medial bien definido (4).

Una distinción clave entre caminar y correr es la importancia central de los 'resortes para las piernas'. Estos resortes incluyen un tendón de Aquiles pronunciado, la aponeurosis plantar y ligamentos de resorte en la cara inferior del pie (ligamento frondiforme, ligamento anular externo, ligamento calcáneo-cuboideo plantar, ligamento anular interno (6)). Todos están ausentes en los simios y faltaban o estaban mínimamente desarrollados en el australopithecus (4).

Correr somete los dedos a fuerzas de extensión mucho mayores durante las fases tardías de postura y despegue que al caminar; una fuerte aponeurosis plantar ofrece una resistencia pasiva sustancial a estas cargas. Además, el aplanamiento de la postura media del arco longitudinal cuando se ejecutan los movimientos de caminar y correr ambos amortiguan el impacto del pie y almacena la energía de tensión recuperable en los tejidos elásticos estirados, pero a diferencia de la mayoría de los mamíferos cuadrúpedos especializados para correr, los humanos conservan una considerable musculatura intrínseca del pie (4). Estos músculos son el extensor corto de los dedos, extensor corto del dedo gordo, abductor del dedo gordo, flexor corto de los dedos, abductor del quinto dedo, cuadrado plantar, lumbricales, flexor corto del dedo gordo, aductor del dedo gordo, flexor corto del quinto dedo, oponente del quinto dedo, interóseos plantares y dorsales (6–8).

Estos mismos músculos se reducen y, a veces, se pierden por completo en los corredores cuadrúpedos, lo que hace que la estabilización interna del pie sea

principalmente pasiva. Los corredores humanos son los únicos que necesitan controlar el equilibrio durante el apoyo de una sola pierna y por esta razón requieren un pie que sea razonablemente móvil, capaz de adaptarse a superficies irregulares y controlado activamente. Los estudios de electromiografía muestran que la actividad intrínseca de los músculos plantares del pie es más constante entre los participantes durante la carrera y menos durante la caminata (4,7).

### **III. b) El pie, un sistema complejo.**

El pie es un sistema complejo con múltiples articulaciones y grados de libertad que juegan un papel importante en la postura estática y en las actividades dinámicas de los individuos (4,9).

Se compone de 26 huesos, 33 articulaciones, 112 ligamentos, controlados por 13 músculos extrínsecos y 21 intrínsecos (5,10–12), es una estructura perfectamente adaptada para cumplir con las múltiples exigencias de apoyo y locomoción del cuerpo humano, así como para la realización de los movimientos más complejos (11).

El movimiento y la estabilidad del arco están controlados por músculos intrínsecos y extrínsecos. Sin embargo, la mayoría de los médicos, entrenadores e investigadores ignoran en gran medida los músculos intrínsecos, rara vez se tratan en los programas de rehabilitación y en los entrenamientos (4). Las intervenciones para los problemas relacionados con los pies suelen estar dirigidas a apoyar externamente el pie, por ejemplo, con ortesis plantares, en lugar de entrenar estos músculos para que funcionen como están diseñados.

Los músculos intrínsecos son los principales estabilizadores locales y forman parte de los subsistemas activo y neuronal que constituyen el núcleo del pie (4,9).

El subsistema activo consta de músculos y tendones que se unen al pie. Los estabilizadores locales del pie son los músculos intrínsecos plantares que se originan y se insertan en el pie, mientras que los motores globales son los músculos extrínsecos que se originan en la parte inferior de la pierna, cruzan el tobillo y se insertan en el pie. Si bien hay músculos intrínsecos tanto en el aspecto dorsal como en el plantar, los músculos intrínsecos plantares son los más comúnmente descritos debido a su vínculo funcional con los arcos longitudinales y transversales de la media cúpula del pie. Los músculos plantares intrínsecos del pie constan de cuatro capas de músculos profundos hasta la aponeurosis plantar. Las dos primeras capas tienen configuraciones musculares que se alinean con los arcos longitudinales medial y



lateral del pie, mientras que las capas más profundas se configuran más el arco transversal (9).

El pie está dividido en el retropié, que está constituido por el astrágalo, que se articula con el calcáneo y forma la articulación subastragalina (punto de apoyo posterior). El mediopié, integrado por el escafoides, que se articula con la cabeza del astrágalo, el cuboides que se articula con el escafoides y las bases de los metatarsianos. El antepié, formado por los cinco metatarsianos y sus respectivas falanges: proximales, medias y distales (11).

### **III.c) Arcos del pie**

La disposición de todos sus huesos entre sí forma una bóveda plantar que le da una gran resistencia para la carga de peso, la cual se apoya en el trípode podálico. Sus puntos de apoyo están comprendidos en la zona de contacto con el suelo formando lo que se denomina impresión o huella plantar. Que son la cabeza del primer metatarsiano, la cabeza del quinto metatarsiano y la apófisis del calcáneo (6).

De estos puntos se desprende la formación de tres arcos: el arco externo, el arco transversal o anterior y el arco interno o longitudinal, el cual es el más largo y alto (11) El arco longitudinal o interno comprende cinco huesos: el primer metatarsiano, que descansa en el suelo en el punto de apoyo de su cabeza; la primera cuña, que no tiene contacto con el suelo; el escafoide tarsal, hueso clave en la formación de la bóveda plantar; el astrágalo, que es el que se encarga de distribuir los impulsos provenientes de la pierna a través de la bóveda; y por último, el calcáneo, que descansa sobre el suelo por su extremo posterior. Este arco conserva su concavidad gracias a los ligamentos y a los músculos que actúan como tensores, principalmente el tibial posterior, el peroneo lateral largo, el flexor del primer dedo y el aductor del mismo. Por el contrario, el extensor propio del primer dedo así como el tibial anterior tienden a aplanarlo (6,11).

El arco longitudinal es una estructura mecánica compleja que debe ser flexible en superficies irregulares, y también ser suficientemente rígida para permitir al pie la propulsión eficaz durante la marcha y la carrera, está sometido a cargas externas provenientes de las fuerzas reactivas del suelo (7,12). Tiene un sistema de cuatro capas de reparto de cargas formado por la fascia plantar (capa más superficial), los músculos plantares intrínsecos (segunda capa compuesta por: abductor del hallux, flexor corto de los dedos, abductor del quinto dedo y cuadrado plantar), los músculos

plantares extrínsecos (tercera capa compuesta por: el tibial posterior, flexor largo común, flexor largo del dedo gordo y el peroneo largo) y los ligamentos plantares (capa más profunda). Para poder llevar a cabo la función biomecánica de ser suficientemente flexible como para permitir la deformación durante la primera mitad de la fase de apoyo y, a la vez, ser suficientemente rígido como para permitir la propulsión eficaz durante la segunda mitad de la fase de apoyo, estas cuatro capas trabajan sinérgicamente, tanto activa como pasivamente para formar un sistema de reparto de cargas que mantenga la integridad y optimice la función del arco longitudinal durante las actividades de carga (7).

Los elementos pasivos son la fascia plantar y los ligamentos plantares, y los elementos activos controlados por el SNC son los músculos plantares intrínsecos y extrínsecos. Juntos aseguran una función correcta del arco longitudinal en carga, incluso cuando uno de estos elementos falla por lesión (7).

Por otra parte el arco externo del pie incluye a tres huesos: el quinto metatarsiano, sobre cuya cabeza descansa el apoyo anterior; el cuboide, que se encuentra en suspensión y sin contacto con el suelo, y el calcáneo cuyas tuberosidades posteriores constituyen el punto de apoyo posterior. Este arco es mucho más rígido que el arco interno, lo que le permite transmitir adecuadamente el impulso motor del tríceps sural, potenciado en su mayor parte por el gran ligamento calcáneo-cuboideo plantar, cuyos fascículos profundo y superficial impiden que las articulaciones calcáneo-cuboidea y cuboideo-metatarsiana se entreabran por su parte inferior bajo la influencia del peso del cuerpo (11).

El arco anterior o transversal tiene como puntos de apoyo las cabezas del primer y quinto metatarsiano, con lo cual las cabezas de los otros tres metatarsianos normalmente no tienen contacto con el suelo (11).

#### **III.d) Biomecánica y función del pie**

El pie cumple tres funciones: una función motora, la cual nos permite el impulso para caminar, correr y saltar; una función de equilibrio ejecutada por la articulación del tobillo, los huesos del antepié y ligamentos laterales que funcionan como cinchos. Y por último la función de amortiguar las presiones (11).

Funcionalmente, el pie y el tobillo actúan como una cadena cinética cerrada, la cual se define como una combinación de varias articulaciones dispuestas sucesivamente que constituyen una unidad motora compleja, donde la articulación terminal de la cadena encuentra una resistencia (13).

Este complejo articular posee 3 ejes principales de los cuales se describen todos los movimientos, se encuentran aproximadamente en el retropié, estos son: el eje transversal, eje longitudinal a la pierna y el eje longitudinal del pie (6).

El eje transversal, atraviesa los dos maléolos y corresponde a la articulación tibiotarsiana, permite los movimientos de flexión y extensión del pie que se realizan en el plano sagital.

El eje longitudinal de la pierna, es vertical y permite los movimientos de aducción y abducción del pie, que se ejecutan en el plano transversal.

Y el eje longitudinal del pie, es horizontal y pertenece al plano sagital. Le permite a la planta del pie orientarse hacia abajo, afuera o adentro, estos movimientos se denominan pronación y supinación (6).

La abducción-aducción y pronación-supinación, son movimientos que en realidad no existen en estado puro en las articulaciones del pie. Están configuradas de forma tal que un movimiento en uno de los planos se acompaña obligatoriamente por uno de los otros dos planos. Por lo que la aducción se acompaña de una supinación y una ligera extensión (o flexión plantar), estos tres movimientos conforman la posición de inversión. Por otro lado, la abducción se acompaña de la pronación y de la dorsiflexión, lo que denomina la posición de eversión (6).

### **III.d) Evaluaciones**

#### **Star Excursion Balance Test**

La prueba de equilibrio Star Excursion se considera una prueba de equilibrio dinámico altamente representativa para personas físicamente activas, se puede utilizar para proporcionar medidas objetivas para diferenciar los déficits y las mejoras en el control postural dinámico (14,15).

El equilibrio dinámico es la capacidad para mantenerse erguido y estable mientras se realizan movimientos o acciones que requieren el desplazamiento o movimiento de una persona. Involucra factores neurológicos, agudeza visual, fuerza muscular y coordinación (15–17).

La prueba requiere que la persona mantenga el equilibrio en su límite de estabilidad, el SEBT se puede utilizar para discriminar las capacidades de control neuro-motor en el nivel más exigente que se requiere para los atletas e individuos activos (14).

En la práctica deportiva, el SEBT imita más de cerca las demandas de la actividad física que las evaluaciones de la estabilidad postural estática. Descrito originalmente por Gray como herramienta de rehabilitación, el SEBT es una serie de sentadillas de una sola extremidad, que utiliza la extremidad sin apoyo para llegar al máximo punto a lo largo de 1 de las 8 líneas designadas en el suelo (14,17).

Las líneas están dispuestas en una cuadrícula, se extienden desde un punto central y se encuentran a 45° unas de otras. Las direcciones de alcance se denominan en orientación a la extremidad de apoyo como: anterior, anteromedial, anterolateral, medial, lateral, posterior, posteromedial y posterolateral.

El objetivo de la tarea es que el individuo establezca una base estable de apoyo, en el medio de la cuadrícula de prueba, y la mantenga a través de una ejecución de alcances máximos en una de las direcciones prescritas. Mientras está de pie sobre una sola extremidad, el participante llega lo más lejos posible con la extremidad libre a lo largo de cada línea de alcance; la toca levemente con la porción más distal del pie, que se extiende sin mover el peso o descansar sobre este; y luego regresa la extremidad a la posición inicial en el centro de la cuadrícula, reasumiendo una postura bipodal. La prueba no es válida si el individuo toca fuertemente o se detiene en el punto de inicio, tiene que hacer contacto con el suelo con el pie que lo alcanza para mantener el equilibrio, levanta o desplaza cualquier parte del pie de la extremidad de apoyo.

Los valores de la distancia de alcance se utilizan como índice de control postural dinámico (15), estas evaluaciones se pueden comparar entre miembros lesionados y no lesionados o antes y después de una intervención para cuantificar déficits o mejoras en el control postural dinámico (14).

### **Índice de Esfuerzo Percibido**

Con el fin de lograr mayor precisión en la valoración del esfuerzo, es posible incorporar este índice de percepción subjetiva del esfuerzo, conocido con el nombre original de "escala de Borg" o escala de esfuerzo percibido (EEP). Tiene como objetivo monitorizar la intensidad del ejercicio mediante un sistema de delimitación que tiene en cuenta las respuestas del cuerpo a una intensidad de esfuerzo concreta (18).

Un método con el fin de lograr mayor precisión en la individualización de este parámetro de intensidad, puede establecerse durante una prueba de esfuerzo

incremental donde, a la persona que realiza la misma, se le pide que asocie los incrementos de carga con un número en la escala de EEP. Esto permite tener un dato adicional y ajustado a cada persona, logrando mayor precisión en la estimación de la intensidad de ejercicio.

La escala de Borg original de 6-20 fue modificada de 0-10. La escala original asocia los niveles a datos de frecuencia cardiaca, mientras la escala modificada indica grados de estrés por encima de un nivel de reposo, o cuán duro es el ejercicio por encima de un nivel mínimo de esfuerzo (18).

Con independencia de la escala que se emplee, los índices numéricos de ambas se asocian con objetivos que describen el nivel de esfuerzo (19).

Estos índices comprenden desde 0 (nada en absoluto), 1 (muy leve), 2 (leve), 3 (moderado), 4 (bastante duro), 5-6 (duro), 7-8 (muy duro), 9 (muy, muy duro), 10 (máximo) (19).

### **III.e) Estrategias para fortalecer el pie**

El fortalecimiento de los músculos del pie responde a los mismos principios de entrenamiento que cualquier otro grupo de músculos (20).

En diferentes investigaciones, se habla del fortalecimiento del pie de forma isométrica, con el ejercicio del "pie corto" donde el control volitivo de los músculos fintrínsecos del pie eleva los arcos del pie y acorta el pie, se puede combinar con actividades activas y resistidas de la parte superior del cuerpo para crear un foco de inversión transversal del cuerpo y promover la facilitación de las cadenas musculares (9).

Se habla también del ejercicio de "Extensión del primer dedo del pie" o "Extensión del hallux" se realiza extendiendo la primera articulación metatarsofalángica mientras se mantienen los dedos inferiores en contacto con el suelo. El ejercicio "Extensión de los dedos del segundo al quinto" o consiste en la extensión de los dedos 2-5 de los pies mientras se mantiene el dedo gordo del pie en contacto con el suelo (9).

Hashimoto y Sakuraba desarrollaron un programa de entrenamiento que se centró en la fuerza de los músculos intrínsecos, excluyendo los músculos extrínsecos tanto como fuera posible llevando el tobillo en flexión plantar. El "ejercicio de flexión con toalla" se realiza en posición sentada o de pie con o sin peso adicional, donde se le pide al sujeto que flexione lentamente los dedos de los pies y doble la toalla debajo

del pie, este ejercicio trabaja la fuerza horizontal de los músculos intrínsecos con ayuda de los extrínsecos (9).

Desde una perspectiva biomecánica, los ejercicios isométricos no reflejan cómo funcionan los músculos del pie durante la locomoción, podemos considerar la elevación del talón o cualquier ejercicio que mueva el centro de presión frente al cuerpo, ya que probablemente impondrán una carga mucho mayor en la parte media del pie (20).

El uso de calzado minimalista durante la carrera también se ha asociado con el fortalecimiento de los músculos intrínsecos del pie. Se ha evaluado esta musculatura en corredores que siguen programas de transición al calzado minimalista en comparación con corredores con calzado convencional. Sin embargo, existen riesgos de lesión por estrés óseo asociados con la transición a correr con calzado minimalista demasiado rápido (20).

El entrenamiento en rampas es una novedosa forma de entrenamiento del pie. Las rampas muy pronunciadas en espacios reducidos ejemplo un garaje, permiten realizar ejercicios con desplazamientos de diferentes ángulos articulares en función de los objetivos (9,20,21). La estructura de la rampa permite forzar el rango articular del pie en los tres planos. Si se asciende en la dirección habitual para realizar los ejercicios de técnica de carrera o multisaltos, el talón puede bajar mucho en la fase excéntrica sin llegar a apoyarse en el suelo. Al iniciar la fase concéntrica se parte de una mayor flexión dorsal del tobillo, es decir, con una mayor elongación de los gemelos, soleo y tendón de Aquiles. Si se hacen a lo ancho, es decir, perpendicularmente a la pendiente, se fuerza más el rango de pronación-supinación. El trabajo en estas rampas exige un mayor armado del pie intensificando su efecto (21).

Las estrategias de fortalecimiento que se propusieron en esta investigación fueron en base a un entrenamiento con cargas inerciales, definiendo a éstas como líneas de vectores de fuerza que favorecen a la función, con la utilización de bandas elásticas o poleas que provocan una aceleración simulando el desplazamiento del cuerpo (3), en este caso un vector de carga mezcla axial/anteroposterior (22), es decir hacia adelante como sucede en la marcha y la carrera, imitando el componente de contracción excéntrica (23,24).

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

El pie del corredor está expuesto a diferentes cargas de estrés con capacidad de adaptarse al terreno y ser un gran amortiguador del resto del cuerpo, con frecuencia llevan a lesiones por falta de entrenamiento específico del mismo, como también a la pérdida del rendimiento en la actividad.

El pie es el segmento principal de contacto con el campo, soporta toda la carga del cuerpo, brinda soporte y sustento necesario sobre todo cuando se realiza actividad física donde aumenta su proyección de carga, siendo una estructura muy importante y comprometida tanto en la carrera como en diferentes deportes.

El trabajo fue desarrollado para aportar beneficios a la preparación física de corredores y deportistas. A su vez pretende aportar valiosa información sobre el entrenamiento del pie con cargas inerciales, ya que en la búsqueda bibliográfica no se encontraron suficientes datos sobre esta metodología.

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **V.I) Búsqueda bibliográfica**

Para llevar a cabo la búsqueda bibliográfica y la elaboración del marco teórico se recurrió a artículos publicados en el período 2000-2021, consultando en las siguientes bases de datos: PubMed, Biblioteca Virtual en Salud, G-se, Google Académico, Scielo, Medline, Biblioteca UGR y utilizando palabras claves como: Foot [Mesh], Biomechanics, Training[Mesh], Running[Mesh], SEBT[Mesh], Borg scale, inertial load, foot-core, lower limbs, dynamic balance, elastic band, eccentric training.

Con las siguientes combinaciones de palabras:

"Borg" and "scale". 789 resultados

"foot" and "training". 1.801 resultados.

"foot" and "training" and "run". 40 resultados.

"training" and "foot" not "diabetic" not "injury". 1.316 resultados.

"training" and "foot" and "biomechanics". 161 resultados.

"foot" and "training" and "inertial loads". 0 resultados.

"foot" and "core" and "exercise". 39 resultados.

"dynamic balance" and "lower limbs". 72 resultados

"elastic band" and "training". 88 resultados

"elastic band" and "foot". 9 resultados

Se incluyeron además libros, artículos, cursos y revistas científicas para extraer información.

### **V.II) Presentación del caso**

Se realizó el seguimiento de un caso de forma descriptiva, experimental, longitudinal y prospectiva, con un corredor popular de calle diestro de 41 años, talla: 175 cm, peso: 72kg, con extremidad de miembro inferior derecho de: 102 cm e izquierdo de: 100cm. Participó de manera voluntaria después de dar su consentimiento informado. El corredor lleva 7 años compitiendo en categoría de edad en el circuito entrerriano de triatlón y participa de carreras de calle de 5k, 10, y 21k. El mismo al momento de hacer la intervención, promediaba un ritmo de 4' el kilómetro.

### **V.III) Procedimiento del caso:**

Se desarrolló durante 25 sesiones de entrenamiento durante 9 semanas, en un gimnasio bajo techo, se utilizaron bandas elásticas de diferentes tensiones simples de 3kg a 5kg y dobles de 6kg a 10kg y poleas universales a lingotes de 5kg y 10kg.



Se trabajó con un protocolo de entrenamiento de un compendio de 6 ejercicios previamente prescriptos. Antes de comenzar la intervención y al finalizar el proceso, se realizó el Star Excursion Balance Test (SEBT) y se registró el índice de percepción subjetiva del esfuerzo durante cada ejecución del mismo (21).

**V.III.a) Los criterios de selección del deportista fueron:**

- Corredores populares de calle entre 25 y 45 años.
- Tener una preparación física en la disciplina mayor a dos años.
- Realizar más de tres estímulos semanales.
- Participar de competencias de 5.000 Mts, 10.000 Mts, o 21.000Mts.
- Ser amateur en la disciplina.

**V.III.b) Test Star Excursion Balance Test (SEBT) (6)**

Se utilizó el test de la estrella (SEBT) descrito originalmente por Gray como una herramienta de rehabilitación para las condiciones patológicas de las extremidades inferiores. Éste se ha convertido en una prueba dinámica ampliamente utilizada para fines de investigación. Más de una década de hallazgos de han establecido una cartera completa de validez para el SEBT, y debe considerarse una prueba de equilibrio dinámico no instrumentada altamente representativa para individuos físicamente activos. El SEBT ha demostrado ser una medida confiable y tiene validez (17) como una prueba dinámica para identificar déficits de equilibrio dinámico en pacientes con una variedad de afecciones de las extremidades inferiores y para responder a los programas de entrenamiento, tanto en participantes sanos como en participantes con lesiones en las extremidades inferiores. Los investigadores deben tener confianza en el empleo del SEBT como una prueba funcional de las extremidades inferiores (14).

El objetivo de la tarea fue que el corredor establezca una base estable en el pie de apoyo sobre el metatarso en el punto cero de la estrella y la mantenga a través de la ejecución de un alcance máximo en una de las direcciones prescriptas. Mientras se encontraba de pie sobre una extremidad, debía llegar lo más lejos posible con la extremidad libre a lo largo de cada vector, repitiendo 3 veces en cada punto; tocando levemente la línea con la porción más distal del pie que se extiende sin mover el peso o descansar sobre este, y luego regresando a la posición inicial en el centro de la estrella, reasumiendo una postura erguida casi bilateral. Se registró si el deportista sacó las o la mano de la cadera, tocó fuertemente o se detuvo en el punto de

aterrizaje, tuvo que hacer contacto con el suelo con el pie que lo alcanza para mantener el equilibrio, levantó o desplazó cualquier parte del pie de la extremidad de apoyo, si realizó mecanismos compensatorios con el cuerpo durante la prueba, para el seguimiento del proceso y su evolución o no.

Los materiales que se utilizaron para realizar la evaluación fueron:

- Cinta de papel para marcar la estrella.
- Cinta métrica.
- Marcadores de diferentes colores.
- Celular Motorola One Macro para la filmación y análisis de video.

### **V.III.c) Descripción narrativa del procedimiento**

#### **Evaluación de inicio:**

Se realizó el día 21 de julio a las 9hs en un gimnasio bajo techo, en una superficie de madera previamente marcada con cinta blanca, se constató la ejecución por medio de filmación de celular Motorola One Macro a una distancia de 150cm del extremo de la cinta y a una altura de 40 cm.

El deportista no participó en ninguna competición ni entrenamiento de alta exigencia en las 48hs previas a la prueba. El test fue precedido de un calentamiento general durante 10 minutos con movilidad articular, diferentes tipos de desplazamientos, aceleraciones, movimientos integrados y una familiarización de 2 minutos con el desarrollo del test, donde se lo instruyó para dar el máximo esfuerzo. Durante la realización de la evaluación, un docente controló la filmación y el otro realizó la demarcación del mejor de los 3 intentos ejecutados.

Al momento de comenzar se encontraba descalzo en posición unipodal, realizó partiendo con la pierna menos hábil (izquierda), en sentido horario 3 repeticiones a cada vector con las manos en la cadera a un ritmo de promedio general de 9 segundos durante la ejecución de cada vector. Con una percepción subjetiva del esfuerzo de 7 (muy duro).

#### **Evaluación de finalización:**

Se realizó el 21 de septiembre posterior a la intervención se respetó todo el montaje para la toma de datos con iguales características a la evaluación inicial para el análisis cualitativo del test.

El deportista, al igual que en la evaluación de inicio, no participó en ninguna competición ni entrenamiento de alta exigencia en las 48hs previas a la prueba. El test fue precedido de un calentamiento igual al realizado en la evaluación inicial.

**Variables evaluadas:**

- Tiempo total y parcial de ejecución de cada extremidad inferior.
- Mecanismos compensatorios (tambaleos, soltar las manos, titubear, ajustar, apoyos en busca de estabilidad).
- Distancias alcanzadas en cada vector.
- Percepciones subjetivas del esfuerzo.

**Protocolo de entrenamiento para el pie:**

El deportista asignado recibió 9 semanas de entrenamiento centrado en los músculos del pie con 6 ejercicios que progresaban semanalmente en volumen y dificultad.

Se utilizó la progresión de las cargas a través de entrenamiento de resistencia prolongada de Tudor Bompa (25):

- Semana 1 y 2 (adaptación anatómica, aprendizaje de la técnica):

2 estímulos semanales de 3 series de 20 repeticiones con 1 minuto de recuperación.

Volumen semanal: 2400 repeticiones.

- Semana 3 y 4:

3 estímulos semanales 3 series de 30 repeticiones con 1 minuto de recuperación.

Volumen semanal: 5400 repeticiones

- Semana 5 y 6:

3 estímulos semanales en super series de dos ejercicios de 40 repeticiones cada uno por 3 vueltas con 1 minuto de recuperación.

Volumen total: 7200 repeticiones.

- Semana 7 y 8:

2 a 3 estímulos semanales en circuito de entrenamiento de 6 estaciones de 40 segundos cada uno de 4 vueltas con 1 minuto de recuperación entre cada vuelta.

Volumen semanal (2 veces): 34 minutos 40 segundos.

- Semana 9:

2 a 3 estímulos semanales de 5 vueltas al circuito con 1 minuto de recuperación entre cada vuelta.

Volumen semanal: 43 minutos 20 segundos.

Entrada en calor:

- Movilidad articular caudal cefálico, 10 movimientos por articulación.
- Desplazamientos laterales y anteroposteriores en una distancia de 3 metros, 10 para cada lado.
- Alcances anteriores y posteriores de tren superior para la activación de la zona media.
- Simulación de carrera unipodal con mancuernas de 2kg en cada mano, provocando cargas rotacionales al pie.

Parte principal:

1- Caminata en el lugar a los 8 vectores: una banda elástica doble anclada en un extremo a la pared a la altura de la cintura del deportista el otro extremo rodeando la cintura del mismo, comienza la marcha a una distancia de 50 cm de distancia de la banda de 6kg estirada, cada 20 ciclos de pasos cambian la posición girando  $45^\circ$  con respecto al punto de anclaje, esto se repite una vuelta en sentido horario y una vuelta en sentido antihorario.



Foto 1: caminata en el lugar con tensión en el vector anterior (imagen propia)

2- Alcance triplanar unipodal con banda elástica anclada al frente a la altura del piso y rodeando la pierna de apoyo del deportista por detrás de la rodilla: se ejecutan las repeticiones en 5 vectores girando a  $45^\circ$  para cada posición, de pie.



Foto 2: Alcance triplanar unipodal a 5 vectores (imagen propia)

3- A) Alcance triplanar unipodal a un brazo contralateral a la pierna de apoyo con polea baja: de pie en una pierna derecha y en la mano izquierda tomando un estribo de una polea con vector de carga baja inclinarse hacia la misma como un peso muerto a una pierna compensando con la pierna libre y luego volver al punto de partida haciendo varias repeticiones; B) luego girar a 90° contralateral comprometiendo el plano transversal accionando en excéntrico al glúteo en rotación interna.

A)



Foto 3: Alcance triplanar unipodal a un brazo contralateral (imagen propia)

B)

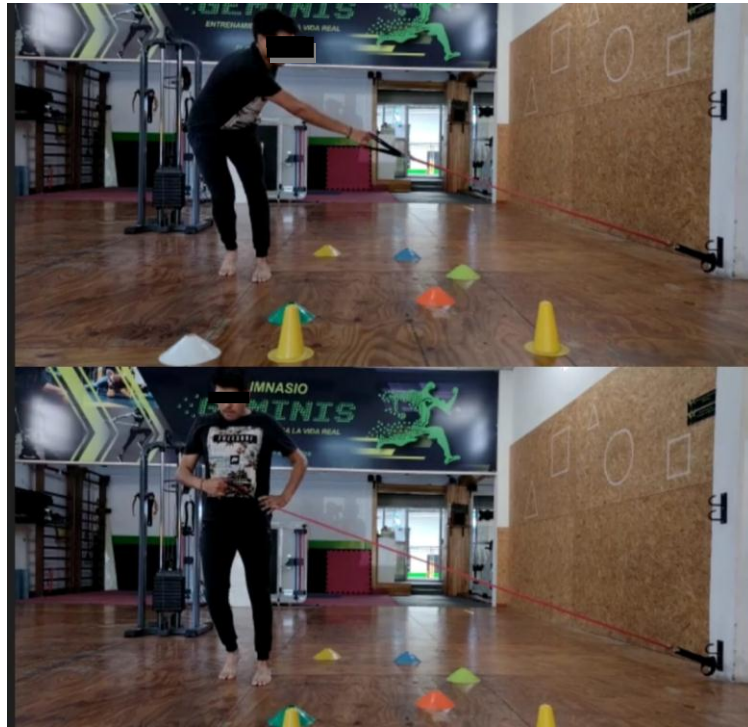


Foto 4: Alcance contralateral comprometiendo el plano transversal (imagen propia)

4- Simulación de carrera estático unipodal con carga por medio de banda elástica en el tobillo de la pierna libre y carga en ambos brazos con bandas elásticas con estribos en cada mano: con tres bandas una anclada al piso y dos ancladas a media altura y a la espalda del deportista la de abajo va a permitir acelerar la pierna a través de los flexores de cadera q se mueven por el empuje en el campo por parte de la pierna que está en el suelo, la carga rotacional que recibe el pie es a través de la aceleración que produce la parrilla costal por la carga de los brazos.



Foto 5: simulación de carrera estático (imagen propia)



5- Simulación de carrera dinámica avanzando y retrocediendo en 90 cm: de pie corriendo con bandas elásticas una en cada pie y una en cada mano aceleramos hacia el frente y desaceleramos hacia atrás en 90 cm de recorrido imitando el gesto de la carrera.



Foto 6: simulación de carrera dinámico (imagen propia)

6- Paso acelerado frontal 1 y lateral 2 con banda en la cintura y anclaje de frente y del piso: con un salto desde 50cms de distancia partiendo con la banda estirada buscamos aumentar la inercia: de pie realizamos un repiqueteo y seguidamente un salto hacia el frente con la banda acelerando tratando de replicar el avance de un paso de carrera y frenando en excéntrica desde la pronación.



Foto 7: Paso acelerado frontal 1 y lateral 2 con banda en la cintura (imagen propia)

## VI. RESULTADOS

Se presentan los valores de las distancias de alcance del test de la estrella (SEBT). (Ver anexo)

En el gráfico de barras 1 se pueden observar las distancias máximas alcanzadas del pie izquierdo expresadas en centímetros, las cuales se obtuvieron del mejor de los 3 intentos realizados a cada vector con la pierna libre. Se comparan los valores del test inicial con los del test final.

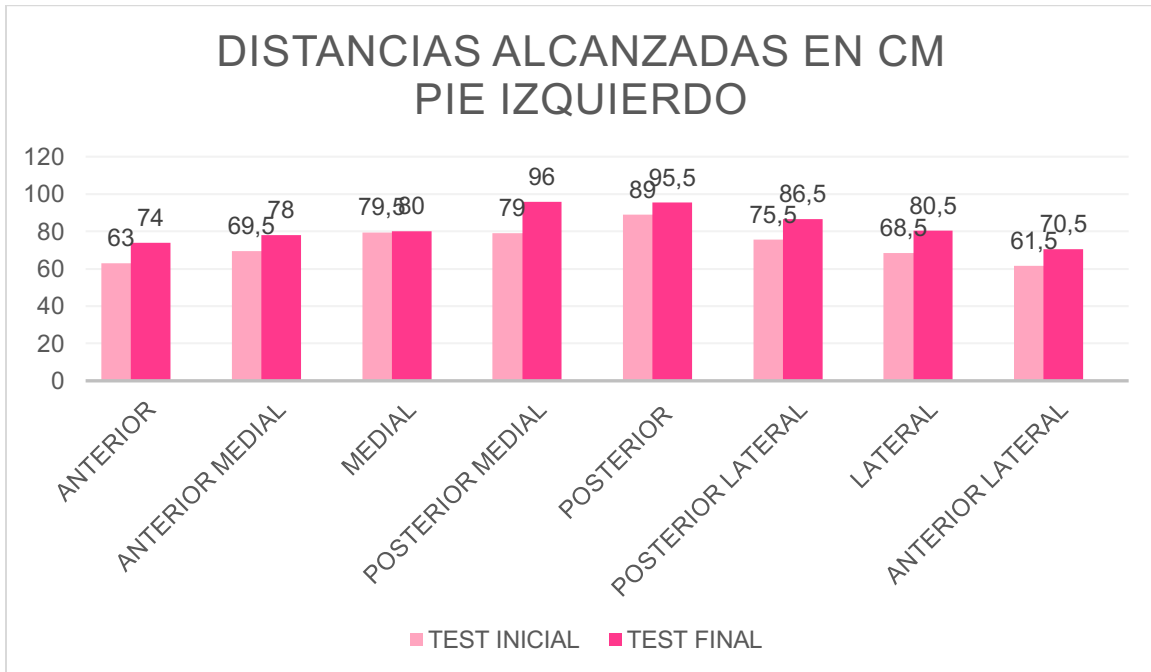


Gráfico 1: Valores de distancia para el pie izquierdo expresadas en centímetros.

En el gráfico n° 2 se pueden observar las distancias máximas del pie derecho expresadas en centímetros, las cuales se obtuvieron del mejor de los 3 intentos realizados a cada vector con la pierna libre. Se comparan los valores del test inicial con los del test final.



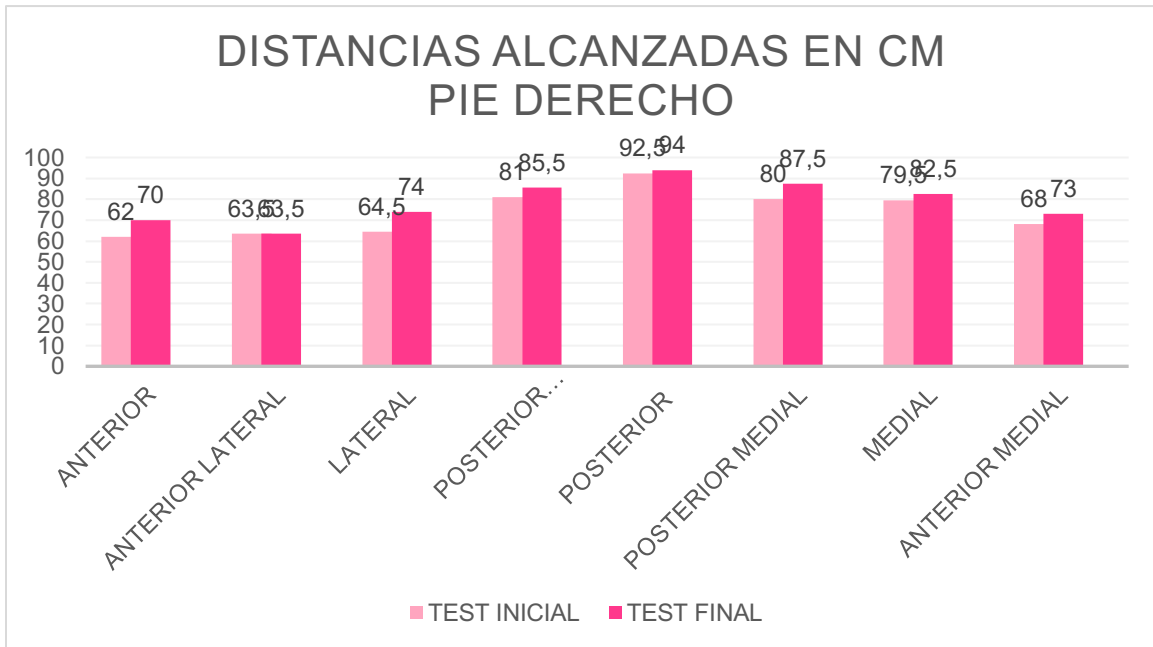


Gráfico 2: Valores de distancia para el pie derecho expresadas en centímetros

En el gráfico de dispersión n°3 se presenta el tiempo de ejecución de cada vector del pie izquierdo, comparando los valores del test inicial con los del test final.

Para el pie izquierdo en el test inicial se obtuvo un tiempo total de 78 segundos, a un promedio de 9 segundos 75ms por vector. En el test final terminó con un tiempo total de 56 segundos, a un promedio de 7 segundos por vector.

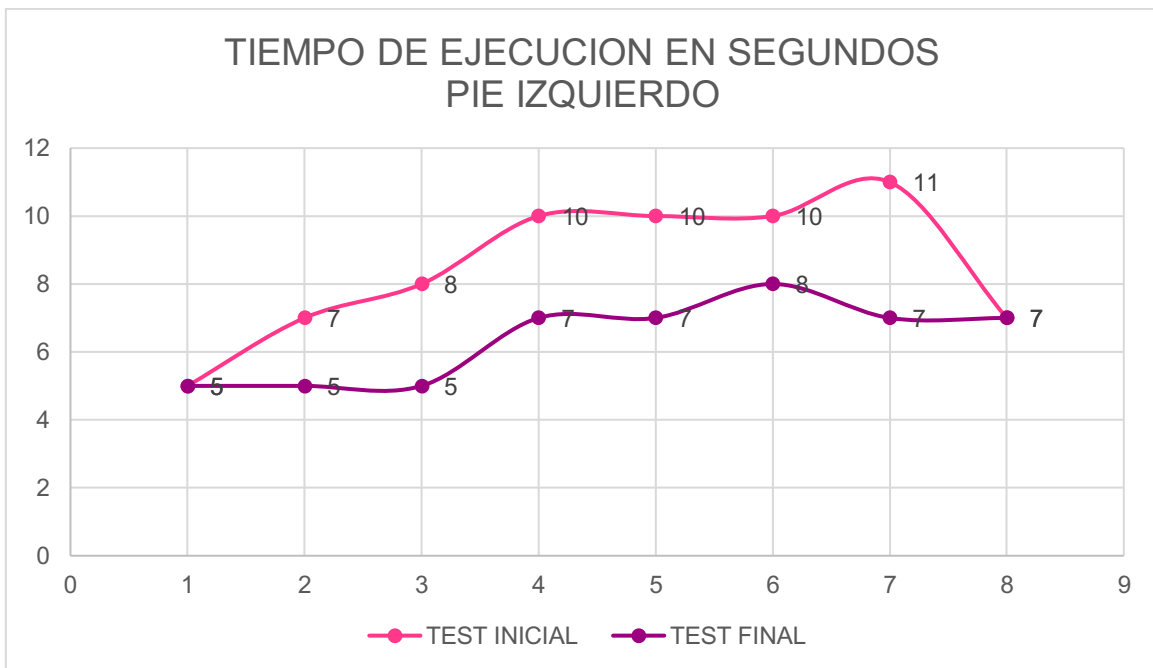


Gráfico 3: tiempo de ejecución por vector del pie izquierdo expresado en segundos.

En el gráfico n°4 se presenta el tiempo de ejecución de cada vector del pie derecho, comparando los valores del test inicial con los del test final.

Para el pie derecho en el test inicial se obtuvo un tiempo total de 85 segundos, a un promedio de 10 segundos por vector. En el test final terminó con un tiempo total de 52 segundos, a un promedio de 6 segundos 50ms por vector.

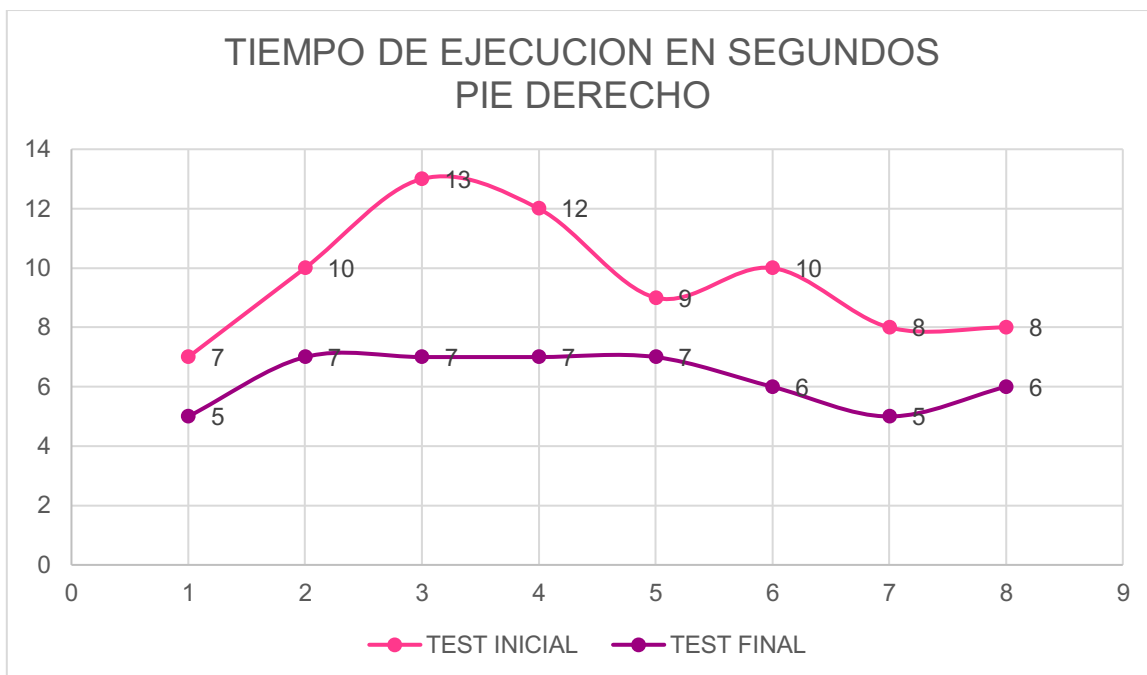


Gráfico 4: tiempo de ejecución por vector del pie derecho expresado en segundos.

En la variable de los mecanismos compensatorios ejecutados por el deportista en cada vector en ambos test se observó:

PIERNA VECTORES	TEST INICIAL		TEST FINAL	
	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA
ANTERIOR				
ANTERO MEDIAL		En el tercer alcance compensó y realizó un movimiento de flexión de cadera con la pierna libre.		
MEDIAL		En el tercer alcance, al volver a la posición inicial, compensó apoyando el pie.		

POSTERO RMEDIAL	En el primer alcance compensó y en el tercer alcance rotó la cadera externamente.		En el tercer alcance apoyó el pie.	
POSTERIOR	En el segundo alcance se apoyó en el piso, en el tercer alcance despegó la mano de la cadera y compensó con el cuerpo.			
POSTERO LATERAL		En el tercer alcance, perdió la estabilidad y compensó con la cadera, sacó las dos manos de la misma.		
LATERAL	En el primer y segundo alcance despegó la mano izquierda de la cadera.			En el segundo alcance, tambaleó y despegó ambas manos de la cadera.
ANTERO LATERAL	Titubeó al comenzar, luego en el segundo alcance despegó la mano izquierda y en el tercero tambaleó, despegó ambas manos de la cadera.			En el segundo y tercer alcance soltó la mano derecha de la cadera.

Tabla 1: Variable de mecanismos compensatorios en cada vector.

En cuanto a la sensación subjetiva del esfuerzo en el primer test el deportista puntuó la ejecución total con ambas piernas con un 7 (muy duro) y manifestó dolor de rodilla en el vector anterolateral y en el vector medial dolor en el borde externo del pie izquierdo.

Luego en el test final, su puntuación fue 5 (duro) y no manifestó dolor.

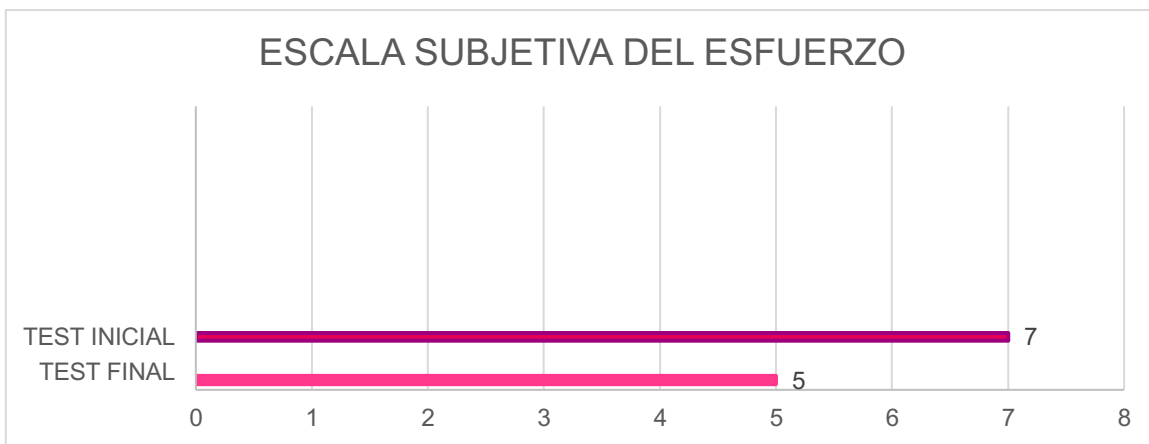


Gráfico 5: Valores de la sensación subjetiva del esfuerzo.

**VI. a) Descripción cualitativa de la realización:**

En el test inicial, con el apoyo izquierdo manifestó molestias en el borde lateral del pie apoyado para el alcance del vector medial; para el alcance antero medial compensó moviendo la cadera; en el alcance medial para el tercer intento apoyó el pie al regreso del punto cero; también expresó compresión en la rodilla para el vector antero lateral; en el vector postero lateral en el primer alcance tambaleó y ajustó el movimiento; para el vector lateral compensó el movimiento de la cadera soltando ambas manos de la cintura, la duración de la vuelta para los 8 vectores fue de 1 minuto 17 segundos.

Luego comenzó con el apoyo derecho en sentido horario con el vector anterior; para el vector antero lateral se observó titubeo para la primera repetición, para la tercera repetición compensó sacando las manos de la cintura; en el vector posterior en la última de las tres repeticiones compensó sacando una de las manos (izquierda); para el vector medial posterior la primera repetición compensó tambaleando y en la tercera repetición rotó la cadera externamente. El tiempo total empleado en la vuelta para los 8 vectores fue de 85 segundos a un promedio general de 10 segundos.

En el test final con el apoyo izquierdo, se observó que en el vector antero lateral compensó sacando la mano derecha de la cintura en la segunda y tercera repetición, los demás vectores los ejecutó sin inconveniente, el tiempo total empleado para la vuelta completa para los 8 vectores fue de 56 segundos a un promedio general de 7 segundos por vector.

Luego prosiguió con el pie derecho, con el alcance anterior donde en la segunda repetición flexionó la cadera libre y despegó las manos de la cintura, continuó en sentido anti horario. El tiempo total empleado para completar los 8 vectores fue de 51 segundos a un promedio de 6 segundos por vector.

## VII. DISCUSIÓN

Luego de analizar los efectos del entrenamiento del pie con cargas inerciales sobre la mecánica del miembro inferior de un corredor popular de calle los datos arrojados del test SEBT en la primera instancia fueron inestabilidad y dolencias, esto concuerda con los estudios de varios autores (9,20,26) que, al no entrenar el pie, el deportista puede sufrir lesiones o pérdida del rendimiento en la carrera.

Pero si se los compara con los resultados del test final, tanto en las distancias y tiempos de ejecución como en los mecanismos compensatorios se puede observar una notoria mejoría como se describe en el artículo de Gribble 2012(14) donde se menciona que después de intervenciones de entrenamiento del equilibrio postural dinámico y fortalecimiento de glúteos el test SEBT tuvo mejorías.

Estos resultados se obtuvieron ya que el deportista fue sometido a un plan de entrenamiento, replicando la mecánica del tren inferior en la carrera con movimientos que aplican para la función de manera integrada, además el atleta manifestó sensaciones de mejoría tanto en sus sesiones de entrenamiento en campo, como en los entrenamientos en el gimnasio.

Con respecto a evaluar el pie en ocho vectores utilizando un test de equilibrio dinámico, se observaron las diferentes cargas en los tres planos que recibió el pie(3), lo que difiere de otros estudios (14,16,17) donde se utilizó el SEBT para evaluar la articulación del tobillo.

En cuanto a las distancias de alcances el deportista mejoró significativamente de un test al otro por la adaptación progresiva de las cargas (25) esto concuerda con otras investigaciones (14–16,27,28) donde los deportistas mejoraban la distancia de alcance para cada vector.

Por otra parte, no se encontraron estudios donde se contabilizaran los tiempos de ejecución de alcance antes y después de una intervención. En esta investigación se constató que el deportista mejoró los tiempos (momentum) en las distancias de alcance luego del entrenamiento con cargas inerciales. Sí se pudo observar en una investigación (14) que los deportistas sanos, luego de realizar entrenamientos de equilibrio dinámico y entrenamientos de control neuromuscular, mejoraron el rendimiento en el SEBT.

Los resultados obtenidos en esta investigación se lograron a través de un entrenamiento con cargas inerciales (mixta axial/anteroposterior (22)), por lo que no coinciden con lo expuesto en otras investigaciones (4,9), ya que la forma de

entrenamiento del pie no es la misma, en éstas se lo entrena con ejercicios concéntricos e isométricos y el pie estabiliza y amortigua las cargas de manera excéntrica (3).

En esta investigación, no se pudo probar si el entrenamiento del pie con este método aleja al deportista de lesiones, pero en diversas investigaciones está demostrado que entrenar el pie (4,9,10,12,20,21) con equilibrio dinámico (14,16,17,27) y ejercicios excéntricos (23,24) aleja al deportista de posibles lesiones.

Se eligió el test SEBT y no el YBT ya que es más similar a lo que se estuvo trabajando, realizar todas las direcciones es más coherente ya que es un estudio de un caso y se disponía del tiempo para hacerlo. El SEBT es un estudio ampliamente aceptado para evaluar estabilidad postural dinámica, el YBT es un dispositivo comercialmente disponible que utiliza tres de las ocho direcciones del SEBT (29,30).

Con relación a los resultados de la sensación subjetiva del esfuerzo del primer y segundo test el atleta manifestó sensación de mejora en su rendimiento en sus entrenamientos de campo y en cuanto los ejercicios prescritos del protocolo, se destaca que el evaluado ya tiene experiencia en sensación subjetiva del esfuerzo. Se concuerda con el artículo Moya Morales 2004, (31) que es un instrumento de gran ayuda en el proceso de evaluación, que aporta información muy valiosa al entrenador y ofrece un dato que, puede servir para valorar el progreso.

Debido a las cuestiones no consideradas desde lo operativo, como grabar la carrera del corredor antes y después de la intervención, quedan puntos sin resolver como la comparación de videos de la mecánica de carrera propiamente y si la intervención realizada podría haber generado modificaciones en la misma.

Esta investigación tiene posibles aplicaciones prácticas, ya que el material utilizado es accesible y de bajo costo. Los ejercicios son la réplica del gesto de la carrera por lo que no suponen una mayor complejidad de ejecución.

## **VIII. CONCLUSIONES**

En esta investigación, estudio de caso, se analizó los efectos del entrenamiento del pie con cargas inerciales sobre la mecánica de los miembros inferiores de un corredor popular de calle y se demostró que el deportista incrementó sus capacidades de ejecución de equilibrio dinámico, estabilidad y el rendimiento de forma subjetiva,

Estos resultados se obtuvieron mediante la evaluación del pie en 8 vectores utilizando un protocolo de evaluación de equilibrio dinámico (SEBT) donde se valoraron las distancias de alcance y se contabilizaron los tiempos de ejecución, antes y después de la intervención, también se comparó antes y después la percepción subjetiva del esfuerzo con la escala de BORG.

Se sugiere que en futuras investigaciones se podría utilizar una placa de salto para medir el tiempo de contacto del pie con el suelo, como así también evaluar la biomecánica de la carrera mediante filmaciones.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Owen A. Técnica de carrera. Madrid, España: Tutor; 2019.
2. Lüscher S. Caminar, trotar y correr saludablemente. 3ra ed. Ushuaia: Utopías; 2016. 257-295 p.
3. Crosa R. Primera certificación internacional de Functional Training. En Buenos Aires; 2010.
4. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med.* marzo de 2015;49(5):290.
5. Holowka NB, Lieberman DE. Rethinking the evolution of the human foot: insights from experimental research. *J Exp Biol.* 6 de septiembre de 2018;221(Pt 17):jeb174425.
6. Kapandji A. Fisiología articular. Miembro inferior. 5ta ed. Panamericana; 1998.
7. Kirby KA. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Revista Española de Podología.* 1 de enero de 2017;28(1):37-45.
8. Músculos del pie [Internet]. Kenhub. [citado 20 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/musculos-del-pie>
9. Tourillon R, Gojanovic B, Fourchet F. How to Evaluate and Improve Foot Strength in Athletes: An Update. *Front Sports Act Living.* 11 de octubre de 2019;1:46.
10. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture.* marzo de 2013;37(3):445-51.
11. Camarena CÁ, Villegas WP. Desarrollo y biomecánica del arco plantar. 2010;6(4):8.
12. Taddei UT, Matias AB, Ribeiro FIA, Bus SA, Sacco ICN. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: A proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther Sport.* marzo de 2020;42:107-15.
13. Donatelli R. Normal Biomechanics of the Foot and Ankle. *J Orthop Sports Phys Ther.* noviembre de 1985;7(3):91-5.
14. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *J Athl Train.* 2012;47(3):339-57.

15. Endo Y, Miura M. Effects of posture and lower limb muscle strength on the results of the Star Excursion Balance Test. *J Phys Ther Sci.* septiembre de 2021;33(9):641-5.
16. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *RESEARCH REPORT.* 2006;36(12):9.
17. Munro AG, Herrington LC. Between-session reliability of the star excursion balance test. *Physical Therapy in Sport.* 1 de noviembre de 2010;11(4):128-32.
18. Fader F. Índice de Esfuerzo Percibido - International Endurance Group [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). 2013 [citado 4 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://g-se.com/indice-de-esfuerzo-percibido-bp-357cfb26e7031d>
19. Friel J. *La Biblia de triatlleta.* 2da ed. España: Paidotribo; 2016.
20. Ridge ST, Olsen MT, Bruening DA, Jurgensmeier K, Griffin D, Davis IS, et al. Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles. *Med Sci Sports Exerc.* enero de 2019;51(1):104-13.
21. Sant JR. Fortalecimiento del pie del corredor. 2021;98:26-9.
22. Entrenamiento de Carga Vectorial (ECV). [Internet]. [citado 23 de enero de 2022]. Disponible en: <https://entrenamiento-total.com/entrenamiento-de-carga-vectorial-ecv/>
23. Harris-Love MO, Gollie JM, Keogh JWL. Eccentric Exercise: Adaptations and Applications for Health and Performance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* diciembre de 2021;6(4):96.
24. Drury B, Ratel S, Clark CCT, Fernandes JFT, Moran J, Behm DG. Eccentric Resistance Training in Youth: Perspectives for Long-Term Athletic Development. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* diciembre de 2019;4(4):70.
25. Bompa T, Buzzichelli C. *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento.* 6ta ed. Estados Unidos: Tutor; 2019.
26. Sant JR. Fortalecimiento del pie del corredor. 2021;97:24-9.
27. Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. *Musculoskelet Sci Pract.* octubre de 2017;31:72-5.
28. Between-session reliability of the star excursion balance test - ScienceDirect [Internet]. [citado 20 de enero de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466853X10000672?via%3Dihub>

29. Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM, Sci M. A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *J Athl Train.* agosto de 2012;47(4):366-71.
30. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther.* septiembre de 2019;14(5):683-94.
31. La percepción subjetiva del esfuerzo como parte de la evaluación de la intensidad del entrenamiento [Internet]. [citado 24 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd73/percep.htm>

## X. ANEXOS

### Distancias de alcance en el test de la estrella para los pies izquierdo y derecho

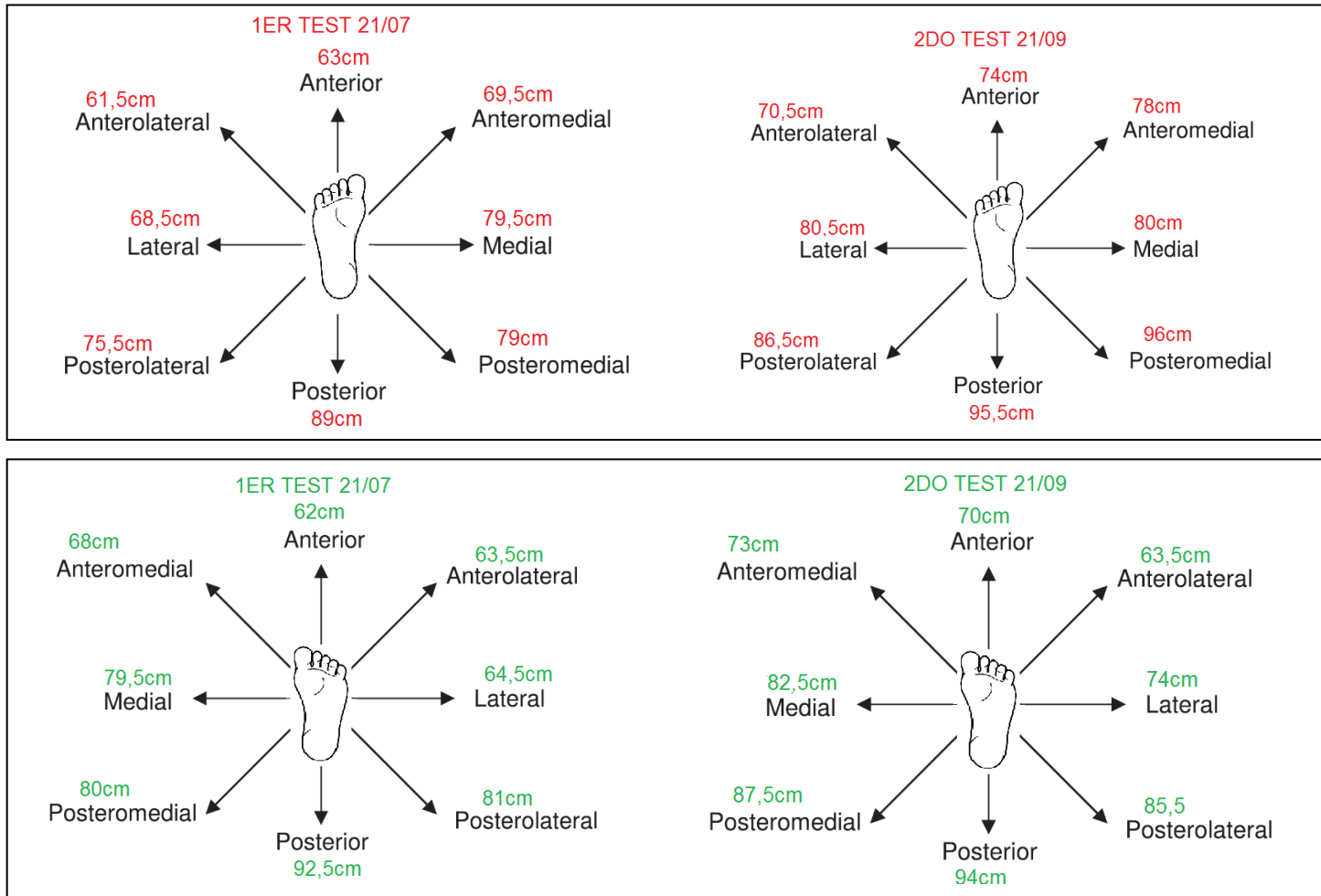


Gráfico 1. Distancias alcanzadas por el pie izquierdo (arriba) y por el pie derecho). Se observa el test inicial (izquierda); test final (derecha).