



Facultad de  
Ciencias de la Salud  
y del Deporte - Huesca  
Universidad Zaragoza

# “ANÁLISIS COMPARATIVO DE 2 TÉCNICAS DE CARRERA POR PARÁMETROS CINEMÁTICOS: BAREFOOT Y SHOD RUNNING”

- Trabajo Fin de Grado-

Autora;

Alicia Pérez Félez

Directora;

Eva Gómez Trullén

Facultad CC. De la Salud y del Deporte

Universidad de Zaragoza

Fecha; 19/06/2014

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

**INDICE**

• Resumen	pág. 3
• Introducción	págs. 4-6
• Hipótesis	págs. 7
• Objetivos	pág. 8
• Material y métodos	págs. 9-14
• Resultados	págs. 15-18
• Discusión	págs. 19-22
• Conclusiones	pág. 23
○ Conclusions	pág. 24
• Referencias bibliográficas	págs. 25-26
• Anexos	
○ Anexo 1	págs. 27-29
○ Anexo 2	págs. 30-31

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** algunos autores de hoy en día postulan que la técnica de carrera “Barefoot” (descalzos) cada día más extendida, dota a sus practicantes de un mayor rendimiento (a causa de mayor eficiencia en parámetros cinemáticos) y una mayor economía de esfuerzo. El propósito de este estudio es el de valorar y comparar los parámetros cinemáticos y de economía de esfuerzo de esta técnica con la técnica de carrera “Shod” (calzados) y establecer si realmente hay diferencias significativas entre ambas, las cuales permitan predecir un mayor o menor rendimiento y economía de esfuerzo para los corredores descalzos.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** En el estudio participaron un total de 20 corredores; 10 de técnica “Barefoot” (descalzos) y 10 de técnica “Shod” (calzados) todos ellos sanos y físicamente activos. Se evaluaron posibles “patologías” que pudiesen afectar a la práctica de una técnica de carrera en concreto o que fuesen el motivo de su práctica en concreto (acortamiento del tendón de Aquiles, disimetría del tren inferior) además de parámetros cinemáticos relativos a la actividad de “carrera” y variables consideradas como predictoras de la economía de esfuerzo. El tratamiento estadístico de los datos se realizó con el software SPSS. El valor de significación estadística se estableció en  $p > 0,05$ .

**RESULTADOS:** Existen diferencias significativas en cuanto a tiempo de vuelo (0,054), velocidad y ritmo medios (0,038 para ambas) siendo la primera variable menor para los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) y las 2 siguientes mayores. Para el resto de variables no se encuentran diferencias significativas. Asimismo se encuentran correlaciones entre IMC y pulsaciones en el km 3 (0,048) y entre pulsaciones en el km 3 y pulsaciones en el km 14 (0,001) para el total de la muestra (sin dividir entre técnicas). Una vez se hace la división entre grupos (técnicas) se encuentran correlaciones entre pulsaciones en el km 14 y en el km 3 (0,001) y entre velocidad y ritmo medios (0,001) en el grupo de corredores de técnica “Barefoot” (descalzos). Para el grupo de técnica “Shod” (calzados) no aparece correlación alguna.

**DISCUSIÓN:** de todas las variables estudiadas y resultados extraídos en la comparación entre técnicas, se muestra un mayor rendimiento por parámetros cinemáticos en los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) al llevar una mayor velocidad y ritmo medios en carrera. En cambio, las variables referentes a economía de esfuerzo no muestran diferencias significativas que permitan apoyar a ninguna de las 2 técnicas, pero sí que manifiestan datos más a favor de la técnica “Shod” (calzados), ya que estos muestran un aumento de pulsaciones menor entre las 2 etapas de la carrera medidas (km 3 y km 14); al respecto cabe destacar que los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) parten de pulsaciones de inicio muy bajas y este puede ser el hecho de que su aumento durante la prueba haya sido mayor. Por último, aludir a la falta de estudios con más sujetos que permitan extraer resultados más significativos.

## INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han nacido para correr. De acuerdo con los autores de la revista Nature, (1) quienes postulan que la estructura corporal humana fue significativamente influenciada por el hecho de que se tenía que correr por la propia supervivencia. Antes de la invención de lanzas, arcos y flechas, el Homo Sapiens ya tenía que correr a por su presa hasta el agotamiento por calor u otras causas derivadas. Por lo tanto muchos creen que la carrera ya está en nuestra genética (2).

Además, se puede destacar que independientemente del motivo y el objetivo por el que el ser humano comenzó a correr, lo que sí que está claro es que comenzó haciéndolo descalzo. Pero poco a poco, conforme la sociedad ha ido avanzando también lo ha hecho el material y tecnología (2); con ambos, lo que se busca, los objetivos y motivaciones e incluso se llega a crear una necesidad.

Dentro de estas necesidades anteriores que la sociedad ha ido creando, se ha llegado a depender de un calzado con una serie de características que quizás, dentro de las comodidades y funciones de control que aportan a la rutina de vida diaria, sean causantes de una modificación la mecánica natural de la pisada y, por tanto, de una reducción de la dinámica y fluidez del movimiento original humano (2).

Esta modificación del patrón natural de la pisada puede acarrear no solo cambios morfológicos que generación tras generación se van evidenciando y pueden, a su vez, conducir a lesiones sino que, además, puede conllevar variaciones con deficiencias en la cinemática natural del movimiento (2) (dinámica más lenta, mayor gasto energético para igual velocidad y, por tanto, menos eficiente).

Existen diversidad de estudios que tratan de valorar los parámetros cinemáticos de carrera pero todos ellos, a través de otros métodos de evaluación como es el caso de la evaluación de ángulo de flexión de la articulación del tobillo, amplitud de paso y posición de la rodilla mediante un sistema de cámaras 3D colocadas lateralmente al tapiz rodante donde se sitúa el corredor (4); este sistema valora una grabación que de forma manual el investigador tiene que trabajar trazando los ángulos

Por otro lado, otros autores evalúan valores de frecuencia cardiaca (FC), percepción subjetiva de esfuerzo realizado (escala de Borgg) (5) y  $VO_{2m\acute{a}x}$  (mL/kg/min) mediante una prueba de esfuerzo al 70% del  $VO_{2m\acute{a}x}$  sobre tapiz rodante. Las condiciones de correr en tapiz rodante no son las mismas que en superficie natural, por tanto, los resultados del estudio pueden verse muy influenciados por la incidencia de las condiciones artificiales (entorno cerrado, temperatura, dinámica natural de carrera) (...) además de la imposición a los corredores de un ritmo de carrera que posiblemente no sea el óptimo para ellos (6).

Igualmente se encuentran estudios que valoran:  $VO_{2m\acute{a}x}$ , frecuencia de zancada y peso específico de la zapatilla, además del arco de tensión de rodilla en el momento de carrera y flexión de la misma (7, 8) mediante una evaluación visual de la grabación en

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

tapiz rodante a una velocidad de 3m/seg. Estos estudios vuelven a utilizar el tapiz rodante como medio, hecho que no solo repercute en la dinámica natural de carrera, sino que además, el hecho de imponer una misma velocidad a todos los deportistas, tiene sus implicaciones ya que todos no tienen el mismo nivel, ni tan siquiera la misma capacidad.

Estudios sobre valoración y relación del IMC con la velocidad de carrera en corredores (9, 10) determinan tanto talla como peso en la llegada de una competición y la velocidad de la propia competición mediante el tiempo de llegada. Si partimos de la base de que los corredores llegan deshidratados, con la consiguiente variación de peso e incluso de altura, no son las condiciones aconsejables para realizar dicha valoración. Con respecto a la velocidad, puede ser bastante variable al realizarla en una competición, pudiendo haber variaciones dependiendo de múltiples factores como desnivel, terreno, situación geográfica, presencia de espectadores (...).

Del mismo modo, se encuentran revisiones que intentan agrupar información relevante sobre las fuerzas de reacción contra el suelo (sobre plataforma de presiones), tiempo de contacto y longitud de paso (11), estas últimas sobre tapiz rodante, el cual se sabe que no permite una ejecución de carrera tan natural como se puede llevar a cabo en superficie del entorno.

Otros autores hacen más extensa la relación de factores determinantes en la economía de carrera dividiendo estos entre intrínsecos (antropométricos, psicológicos, biológicos y biomecánicos) y extrínsecos (ambientales, materiales y entrenamiento) (12). Mediante un sistema de registro indirecto basado en técnicas fotogramétricas bidimensionales (2D) basado en una observación de vídeo, el cual incluye (como en casos anteriores) la posterior valoración subjetiva de las grabaciones.

Los sistemas de medida que pueden usarse para la valoración de parámetros cinemáticos referentes a la carrera, son variados, pero la precisión que cada uno de ellos puede aportar al estudio de los mismos no es igual de específica. En este caso, nos centramos en OptoGait, un sistema de medida que permite dar respuesta a estos parámetros cinemáticos a través de valores temporales de ejecución (en tiempo real) y, por tanto, mediante un enfoque de evaluación totalmente objetivo. Además consta de un sistema de cámaras de alta velocidad 30 fps lo cual ayuda a extraer (mediante el software información bastante precisa del movimiento analizado) (3).

Por otro lado, la valoración de la economía de esfuerzo, frecuentemente, se estudia en un laboratorio sobre tapiz rodante, hecho que no reproduce fielmente las condiciones normales de una carrera, ni en cuanto al medio, ni al ritmo de la misma. Estos 2 últimos aspectos bastante importantes para que los resultados sean lo más reales posibles (13, 14, 15).

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

Por todo ello, como practicantes de atletismo, el estudio en profundidad y de forma objetiva de una técnica de carrera que permita economizar y ganar en rendimiento, es una de las motivaciones al realizar el estudio.

## **HIPÓTESIS**

La técnica de carrera “Barefoot” (descalzos) muestra parámetros cinemáticos y de economía de esfuerzo más eficaces que la técnica “Shod” (calzados), aportando por esa razón mayor rendimiento en la modalidad deportiva del atletismo de media distancia.

## **OBJETIVOS**

El objetivo principal de este trabajo es demostrar el mayor rendimiento deportivo de la técnica de carrera “Barefoot” (descalzos) respecto a la técnica “Shod” (calzados), ambas utilizadas en la modalidad deportiva del atletismo de media distancia.

Para ello se exponen a continuación los objetivos específicos, que se pretenden conseguir con este estudio:

- Analizar parámetros cinemáticos de cada tipo de carrera, valorados en dos grupos de estudio.
- Valorar la economía de esfuerzo de cada tipo de carrera en estos dos grupos de estudio.
- Comparar los parámetros cinemáticos y valores de economía de esfuerzo entre las dos técnicas de carrera “Barefoot” (descalzos) y “Shod” (calzados).
- Valorar si la técnica de carrera “Barefoot” (descalzos) incrementa el rendimiento deportivo, según los parámetros estudiados, respecto a la técnica “Shod” (calzados).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. Materiales

- Báscula y tallímetro SECA
- Nivel (electrónico)
- Cinta métrica Antropométrica
- Sistema de valoración cinemática OptoGait
- Pulsómetros Polar FT7 Y Garmin 210 Forerunner (incluye GPS).

### 2. Muestra

Se han analizado 20 atletas, corredores de resistencia practicantes de la modalidad de media distancia.

La muestra se divide, a su vez, en 2 grupos;

1. Grupo que desarrolla la técnica “Barefoot” (descalzos), caracterizada por realizar el contacto con el suelo únicamente sobre la parte de los metatarsos o, en su defecto apoyando la planta del pie seguida de los metatarsos (excluyendo el primer impacto contra el suelo sobre el talón); compuesto por 10 sujetos.
2. Grupo que desarrolla la técnica de “Shod” (calzados con zapatillas convencionales de atletismo), corredores que realizan una fase de contacto sobre el talón, seguida de una fase de pie plano (la totalidad del pie sobre el suelo) para finalizar con la fase de propulsión sobre la parte de los metatarsos y el primer dedo; compuesto por 10 sujetos.

Los criterios de inclusión en el estudio han sido: Ser corredores habituales, estar entrenando como mínimo 4 días a la semana y haber corrido, al menos, una media maratón. Con respecto a los corredores que practican la técnica “Barefoot” (descalzos), todos tienen que haber estado practicándola obligatoriamente los 3 meses anteriores a la prueba (tiempo necesario estipulado para aprender y afianzar la misma con el fin de poder llevarla a cabo con naturalidad) (16).

Dado los escasos corredores que se han podido incluir en el estudio que realizan la técnica “Barefoot” (descalzos) y con el fin de aprovechar toda la muestra existente, se ha hecho coincidir en el grupo de técnica “Shod” (calzados) las variables independientes de edad y sexo, eligiendo el mismo número de personas con el mismo sexo e intentando que todos estuviesen en un rango de edad similar.

La Universidad de Zaragoza y el centro donde se han llevado a cabo las pruebas han aprobado la realización del estudio y todos los corredores firman un consentimiento informado antes de su colaboración en la investigación.

### 3. Método

La toma de todos los datos referentes al estudio de cada uno de los sujetos participantes se lleva a cabo en la sala 2 de análisis biomecánicos de la entidad Podoactiva S.L. situada en el Parque Tecnológico Walqa de Huesca.

En primer lugar, se recibe al sujeto en la entidad donde se le invita a leer el documento de información que resume todo el proceso de pruebas y valoraciones que se van a realizar durante el estudio (anexo 1). Además, se le pide que rellene y firme el consentimiento informado en el que afirman haber leído la hoja de información anterior, dan su conformidad para participar en el estudio y para que sus datos puedan ser revisados por el personal implicado en el estudio además de poder ser utilizados en futuras investigaciones (anexo 2).

Seguidamente, se recogen datos referentes a la edad, técnica de carrera que practica y tiempo estimado que lleva corriendo con la técnica de carrera que nos especifique, así como, características de los entrenamientos (intensidad, volumen, frecuencia, terreno...) y modalidad deportiva que practica con regularidad en ámbito competitivo (experiencias, tiempos...); estos últimos datos solo a modo de conocimiento con el fin de observar si el corredor entra dentro de las características generales que se buscan.

Posterior a esto, se somete al corredor a una evaluación física inicial donde se valoran parámetros referentes a peso (kg) y talla (cm). Con estos datos se calcula el índice de masa corporal (IMC). El peso corporal se calcula con la báscula SECA (con precisión de 0,1 kg) y la altura se determina con el tallímetro SECA. El IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) se calcula a partir de los datos referentes a peso y altura.

Del mismo modo, se realiza una valoración funcional en camilla, donde se evalúan parámetros que puedan estar asociados al motivo de desarrollo de una técnica de carrera concreta, como puede ser el posible acortamiento del tendón de Aquiles ( $<90^\circ$  flexión tobillo) o, que por el contrario, puedan ser una consecuencia del desarrollo de una técnica u otra, como es el perímetro de pierna (cm) (17).

El acortamiento del tendón de Aquiles se estima mediante una maniobra que valora si la articulación del tobillo es capaz de flexionar a un ángulo menor de  $90^\circ$ . Para ello se coloca al sujeto en decúbito supino en una camilla y se le realiza (de forma pasiva) una flexión máxima de ambos tobillos. Si la maniobra en camilla deja dudas acerca de la capacidad de flexión de alguno de los 2 tobillos, o de los dos, se pasa a realizar una segunda maniobra (en el/los tobillos/s que no haya quedado claro el grado de flexión) denominada *Test de Lungue*, (18) a través de la cual el sujeto se coloca de cara a la pared, separado de la misma a una distancia de unos 30 cm. coloca ambos pies con la punta (dedos) mirando a la pared, uno delante de otro (respetando una distancia entre el talón del adelantado y los del atrasado de la medida de “un palmo”). Posteriormente, se le indica que apoye las manos en la pared mientras orienta la mirada al frente y, que intente flexionar las rodillas inclinando estas hacia delante todo lo que

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

pueda atendiendo a la premisa de que no puede despegar ninguno de los 2 calcáneos del suelo. El objetivo es hacer tocar la rodilla adelantada con la pared. Lo que se mide es la distancia máxima a la que es capaz el corredor, de tocar la pared con dicha rodilla adelantada sin levantar el calcáneo del suelo. Si esta distancia es inferior a 10 cm (desde la pared al primer dedo) o el ángulo entre la superficie anterior de la tibia y la vertical es inferior a 35-38 grados se considera que el tendón de Aquiles está acortado.

Para valorar el perímetro de pierna (cm) se siguen las recomendaciones de “*The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)*” (19). Se realiza la medición en la máxima circunferencia de la pierna. El estudiado está de pie, con las piernas ligeramente separadas y el peso distribuido igualmente entre ambas. Se mide con ayuda de una cinta métrica que se mantiene perpendicular al eje longitudinal de la pierna y se miden ambas piernas. Se toman varias medidas a diferentes niveles de la pierna, hasta localizar el perímetro máximo.

La disimetría de tren inferior se valora con la maniobra *Weber Barstonw* (20). El sujeto se encuentra decúbito supino, con caderas y rodillas flexionadas y pies apoyados sobre la camilla. El evaluador, con las manos en los maléolos, le indica que suba y baje la cadera dos veces con el fin de equilibrar la pelvis. Seguidamente, se le estiran las piernas sin soltar las manos de los maléolos. Desde esta posición, se solicita al corredor que se siente a fin de comprobar si presenta disimetría (valorada en cm) entre sus miembros inferiores, valorando la misma a partir de una posición paralela (o no) de los maléolos.

La lateralidad del tren inferior de los corredores se evalúa del siguiente modo; La persona que evalúa se coloca detrás del corredor. En primera instancia se le pide al corredor que se coloque mirando al frente (*Plano de Frankfurt*) (19) con las piernas abiertas a la altura de los hombros y repartiendo el peso sobre ambas por igual. Los brazos se dejan relajados, uno a cada lado del tronco. Una vez aquí, se le pide que cierre los ojos y el evaluador le provoca un pequeño desequilibrio sobre la parte central de la espalda. Es ahora cuando se tiene en cuenta la pierna con la que primero apoya el corredor (a fin de no perder el equilibrio), para ser establecida como pierna dominante.

Una vez determinados los parámetros anteriores, se pasan a valorar las variables referentes a la técnica de carrera de los sujetos a través del OptoGait, (3) sistema de medida que representa de forma numérica el análisis de la marcha, permitiendo extraer datos referentes a las características de la misma y, de forma indirecta evaluar las condiciones físicas y las prestaciones, además de identificar rápidamente deficiencias musculares y medir las tolerancias a las diferentes cargas de trabajo entre otras.

A través de unas barras enfrentadas entre sí con 96 células fotoeléctricas, una de estas actúa como emisora y otra como receptora. Cada paso del sujeto entre ambas provoca una interrupción que es medida en tiempo y distancia, para, posteriormente, a través del software proporcionar datos referentes a:

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

1. Longitud de paso (cm)
2. Longitud de zancada (cm)
3. Tiempo de vuelo (seg)
4. Tiempo de contacto (seg)
5. Altura del paso (cm)
6. Velocidad (m/seg)
7. Velocidad media (m/seg)
8. Ritmo de carrera (pasos/seg)

Además, mediante un sistema de grabación simultánea (con cámaras de alta velocidad de 30 fps) permite registrar las imágenes de las evaluaciones realizadas, sincronizándolas perfectamente con los datos obtenidos. De esta forma se hace posible verificar datos obtenidos de ambas evaluaciones, además permite medir ángulos articulares y posiciones corporales en el momento de la ejecución y el parámetro referente a “altura de la marcha” (diferencia de altura que experimenta el centro de gravedad en cada uno de los pasos).

Todos los corredores de ambos grupos, tienen que completar una distancia de 36 metros, donde únicamente los 10 metros situados en medio de esta distancia serán los que recojan datos y sean tenidos en cuenta, con el fin de tomar datos de la zona media de la carrera, excluyendo la fase de aceleración y deceleración del mismo y, de este modo evitar conclusiones no reales acerca de la propia técnica de carrera.

Cabe resaltar que algunas variables proporcionadas por el Software OptoGait (3) tales como fase de contacto, fase de pie plano y fase de propulsión, han sido excluidas del estudio debido a que, dependiendo de la técnica de carrera utilizada, los datos no hacían referencia a la realidad física y funcional llevada a cabo.

El sistema adquiere información a partir de unas condiciones estandarizadas por defecto, en las cuales, todo apoyo del pie presenta 3 fases correlativas:

1. Fase de primer contacto en el suelo con el talón
2. Fase de pie plano, donde es puesta en contacto la totalidad de la planta del pie
3. Fase de propulsión donde el pie despega del suelo desde la zona de los metatarsos y primer dedo.

Estas condiciones no tienen la posibilidad de ser modificadas, por esa razón, en la técnica de “Barefoot” (descalzos) que se caracteriza por la ausencia de la primera fase de contacto del talón con el suelo, el software interpreta que el primer contacto es el talón cuando en realidad ha sido del metatarso, dando error en la medición de variables anteriormente descritas.

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

Por último, se han recogido los datos de economía de esfuerzo mediante dos variables, la frecuencia cardiaca (FC) y el índice de esfuerzo percibido, este último mediante la escala de Borgg (5).

Para ello se realiza una prueba de campo. Se reúne en 3 días distintos a los corredores que participan en el estudio. Se toma de referencia un recorrido anteriormente medido y estandarizado (Garmin Forerunner 210). Es un recorrido circular (salida y llegada en el mismo lugar), en el cual una sola vuelta está formada por 13,970 kilómetros. El desnivel del terreno es de 10 metros aproximadamente, por tanto se puede decir que es un terreno prácticamente llano. La altitud del lugar donde se realiza la prueba es de 210 metros, y al ser la ciudad de residencia habitual de todos los corredores, se puede usar a favor, que es algo positivo para que estas condiciones no puedan afectar ni de forma positiva ni negativa a los resultados de la prueba. Todo el recorrido se realiza por asfalto, para evitar que los corredores que desarrollan la técnica de carrera descalzos “Barefoot” (descalzos), no puedan verse influenciados por un terreno abrupto que les cause cualquier tipo de molestia y se vean obligados a descender su ritmo medio de carrera o cualquier otra interrupción que pueda surgir (ya que se sabe de antemano que estos corredores descalzos, siempre entrenan y compiten en asfalto).

El día de la prueba, se explica y muestra el recorrido a todos los corredores, y se les indica, que cada uno de ellos tiene que realizar la totalidad de kilómetros, al ritmo medio que llevó en su última competición de media maratón. Como cada uno de ellos tiene que llevar su propio ritmo se permite que la salida sea conjunta, siendo estos advertidos que no pueden dejarse influenciar por los ritmos de los compañeros y que cada uno tiene que respetar el suyo propio.

Se obtienen los datos de FC de todos los corredores en los km 3 y el km 14 y una vez acabada la prueba, se calculan las diferencias de pulsaciones entre esos Kilómetros para cada uno de los corredores. Una vez terminada la prueba se valora la percepción subjetiva de esfuerzo por medio de la escala de Borgg (5), siendo una puntuación de 10 muy extenuante y 1 nada extenuante.

Por otro lado, se hace uso de programas informáticos con los cuales se va a poder realizar el análisis estadístico de los datos referentes a cada uno de los sujetos estudiados.

- Una hoja de cálculo de Microsoft Excel utilizada para reunir y ordenar (teniendo en cuenta los 2 grupos estudiados) las variables estudiadas.
- SPSS; programa estadístico con el que se realizó la estadística descriptiva e inferencial de este estudio.

### **Pruebas estadísticas**

Los datos obtenidos se analizaron por pruebas estadísticas según los objetivos planteados.

Las variables cuantitativas se definirán mediante dos parámetros, la media aritmética, como medida de tendencia central, y la desviación estándar, como medida de dispersión. Por ello, los resultados se expresarán siempre como media aritmética  $\pm$  desviación estándar.

Las variables que se van a comparar son las obtenidas con las dos técnicas de carrera “Barefoot” (descalzos) y “Shod” (calzados).

Para ello, en cada grupo de estudio se comprobó la hipótesis de normalidad de las distribuciones, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. El valor de significación estadística se establece en  $p > 0,05$ .

Según el resultado de las pruebas de normalidad la muestra sigue una distribución normal, por ello, se realizaron test paramétricos para muestras normales. En cada caso, se utilizó la prueba T-student para variables independientes y una correlación de Pearson.

## RESULTADOS

A continuación se describe la muestra estudiada;

Los corredores de técnica “Shod” (calzados) con 28 años de media grupal concluyen ser 3 años menos de media que los que practican la técnica “Barefoot” (descalzos), los cuales presentan una media grupal de 31 años. Del mismo modo, estos últimos (técnica “Barefoot”) con una media de 67,05 kg muestran un total de 6 kg más que el grupo de técnica “Shod” (una media grupal de 61,68 kg) y, a su vez, mayor altura siendo esta 1 cm más que los corredores calzados. En referencia a lo anterior, los datos de IMC presentan valores más elevados para los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos), siendo 23,03 para estos y 22,45 para corredores de de técnica “Shod” (calzados).

Al contrario que en los datos anteriores, para las variables referentes a valores antropométricos tenidas en cuenta (perímetro de pierna dominante y no dominante), el grupo de corredores de “Shod” (calzados) muestra mayores perímetros, siendo 0,5 y 0,7 cm más de media para cada una de las variables respectivamente.

A pesar de estas variaciones encontradas entre los dos grupos de estudio, no existen diferencias significativas para las variables independientes anteriormente descritas; por lo tanto se puede afirmar que son grupos homogéneos que se pueden comparar y estas variables no van a influir en los resultados obtenidos.

*Tabla 1. Estudio descriptivo de las variables independientes relativas a parámetros físicos y antropométricos y comparación entre ambos grupos*

	Shod	Barefoot	
Variables	Media ± Desv. T.	Media ± Desv. T.	P
Edad (años)	27,8±6,23	31,2±6,89	n.s.
Peso (kg)	61,68±8,57	67,05±6,62	n.s.
Altura (cm)	171,37±5,46	172,69±6,96	n.s.
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,03±2,14	22,45±1,47	n.s.
P.piernaD (cm)	36,21±1,43	35,68±1,72	n.s.
P.piernaND (cm)	35,97±1,36	35,28±1,6	n.s.

Desv. T.; desviación típica. IMC; índice de masa corporal. P.piernaD: perímetro de pierna dominante. P.piernaND; perímetro de pierna no dominante; n.s.; no significativo.

Con respecto a los datos cinemáticos, se observa que la longitud de paso tanto con la pierna dominante como con la no dominante es superior en el grupo de corredores que practica la técnica “Barefoot” (descalzos) con 142,53 y 138,83 cm respectivamente frente a los 136,72 y 137,5 cm del grupo de la técnica “Shod” (calzados); siendo 6 cm de media superior en los pasos de la pierna dominante, frente a 1 cm más en la media de la no dominante. Los datos referentes a la longitud de zancada, obviamente son superiores a favor de la técnica “Barefoot” (descalzos).

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

Por otro lado, se analizan los datos relativos a tiempos de vuelo de ambas piernas (dominante y no dominante); siendo estos superiores en la técnica “Shod” (calzados) con 0,11 y 0,128 segundos frente a los 0,098 y 0,093 segundos del grupo “Barefoot” (descalzos). Estos datos, pueden considerarse como diferentes significativamente ya que muestran una  $p=0,05$  y  $p=0,059$  respectivamente. En relación a los tiempos de contacto, se observan valores medios más elevados para el grupo de técnica “Shod” (calzados), siendo 0,234 seg. para ambas piernas de este grupo y 0,219 y 0,212 seg. para el grupo de técnica “Barefoot” (descalzos).

Así mismo, datos referentes a la media de la diferencia de altura alcanzada por el centro de gravedad al dar los pasos por cada uno de los grupos, reflejan resultados más altos para los corredores de técnica “Shod” (calzados), siendo 1,69 y 1,63 cm al contrario que en la media de los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) los cuales muestran valores de 1,23 y 1,07 cm para las piernas dominante y no dominante respectivamente.

*Tabla 2. Estudio descriptivo de las variables relativas a parámetros cinemáticos (características del paso) y comparación entre ambos grupos*

Variables	Shod	Barefoot	P
	Media ± Desv. T.	Media ± Desv. T.	
Long.pasoD (cm)	136,72±12,58	142,53±10,74	n.s.
Long.pasoND (cm)	137,5±16,18	138,83±11,09	n.s.
Long.zanc. (cm)	256,51±22,03	268,83±15,79	n.s.
T. vueloD (seg)	0,11±0,01	0,098±0,006	0,050
T.vueloND (seg)	0,128±0,064	0,093±0,007	0,059
T.cont.D (seg)	0,234±0,035	0,219±0,022	n.s.
T.cont.ND (seg)	0,234±0,03	0,212±0,023	n.s.
Altura.D (cm)	1,69±0,726	1,23±0,133	n.s.
Altura.ND (cm)	1,63±0,836	1,07±0,2003	n.s.

Long.pasoD; longitud de paso dominante. Long.pasoND; longitud de paso no dominante. Long.zanc; longitud de zancada. T. vueloD; tiempo de vuelo dominante. T. vuelo ND; tiempo de vuelo no dominante  
.Altura.D; diferencia de altura del centro de gravedad dominante. Altura ND; diferencia de altura del centro de gravedad no dominante; n.s. no significativo.

Con respecto a las variables de velocidad media y ritmo, se encuentran cifras más elevadas a favor de los corredores de la técnica “Barefoot” (descalzos). Estos últimos presentan una velocidad media de 4,51 m/seg, siendo este valor significativamente inferior que la media de corredores de técnica “Shod” (calzados) con 3,96 m/seg. Cabe destacar que para ambos grupos la velocidad de la pierna no dominante es superior a la velocidad de la dominante de forma significativa ( $p=0,035$ ).

En relación al ritmo medio de ambos grupos, el grupo de técnica “Barefoot” (descalzos) muestra 3,26 pasos/seg, al contrario que los de técnica “Shod” (calzados) con 2,87 pasos/seg (siendo también estos resultados, diferentes significativamente).

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

Para el resto de variables analizadas, no se han encontrado diferencias inter-grupos (técnicas).

*Tabla 3. Estudio descriptivo de las variables cinemáticas: velocidad y ritmo de carrera y comparación entre ambos grupos*

Variables	Shod	Barefoot	P
	Media ± Desv. T.	Media ± Desv. T.	
Veloci.D (m/seg)	3,94±0,538	4,51±0,665	0,051
Veloci.ND (m/seg)	3,98±0,468	4,53±0,601	0,0035
Vel.media (m/seg)	3,96±0,538	4,51±0,665	0,038
Ritmo (pasos/seg)	2,87±0,228	3,26±0,28	0,038

Veloci. D; velocidad pierna dominante. Veloci. ND; velocidad pierna no dominante. Vel. Media; velocidad media;

Respecto a las variables estudiadas referentes a la economía de esfuerzo, se observa en la tabla 4 que la media de pulsaciones en el km 3 y 14 para la técnica “Barefoot” (descalzos) es inferior en ambos periodos de la prueba. En cambio, en lo que respecta a la diferencia de pulsaciones entre cada una de estas fases dentro de un mismo grupo de corredores/misma técnica, es menor (casi 2 pp/m) en los de técnica “Shod” (calzados). Por último, observamos que el “Borg” (percepción subjetiva de esfuerzo) (5) es mayor en los corredores de técnica “Shod” (calzados) con 8,6 de media frente a 7,7 de los corredores descalzos.

*Tabla 4. Estudio descriptivo de las variables estudiadas en la economía de esfuerzo: Frecuencia cardiaca e Índice de esfuerzo percibido y comparación entre ambos grupos*

Variables	Shod	Barefoot	P
	Media ± Desv. T.	Media ± Desv. T.	
ppkm3 (pp/min)	167,1±10,46	159,5±9,69	n.s.
ppkm14 (pp/min)	179,7±10,786	161,07±11,645	n.s.
Dif.pp (pp/min)	8,6±6,802	10,5±4,24	n.s.
Borg (1-10)	8,6±1,35	7,7±0,823	n.s.

Ppkm 3; pulsaciones por minuto en el kilómetro 3. Ppkm 14; pulsaciones por minuto en el kilómetro 14.  
Dif.pp; diferencia de pulsaciones del kilómetro 3 al kilómetro 14; n.s. no significativo.

En el estudio de correlación realizado para las variables cuantitativas del total de la muestra, (agrupando los dos grupos de corredores/técnicas), existe correlación positiva y significativa ( $p=0,048$ ) entre IMC y pulsaciones en el kilómetro 3. De manera que a mayor IMC, mayor cantidad de pulsaciones en dicho kilómetro. Este último, a su vez, también se ve relacionado con las pulsaciones en el kilómetro 14, siendo una correlación positiva entre ambos, a mayor cantidad de pulsaciones en el km 3 mayor cantidad, así mismo, en el kilómetro 14.

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

*Tabla 5. Estudio de Correlación para las variables cuantitativas estudiadas en el total de la muestra.*

Total de la muestra			
Variable 1	Variable 2	Corr. De Pearson	P
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Pp Km 3 (pp/min)	0,448*	0,048
Pp Km 3 (pp/min)	Pp Km 14 (pp/min)	0,874**	0,001

IMC; índice de masa corporal. Pp Km 3; pulsaciones en el kilómetro 3. Pp Km 14; pulsaciones en el kilómetro 14.

Para el grupo de corredores de técnica “Shod” (calzados) no se han encontrado correlaciones significativas.

Con respecto al grupo de técnica “Barefoot” (descalzos), se haya correlación positiva y estadísticamente significativa ( $p=0,001$  para todas) entre las siguientes variables:

- Ritmo y velocidad de la pierna dominante y no dominante.
- Ritmo y velocidad media.
- Pulsaciones en el kilómetro 3 y pulsaciones en el kilómetro 14.

*Tabla 6. Estudio de Correlación para las variables cuantitativas estudiadas en los corredores que practican la técnica “Barefoot” (descalzos).*

Barefoot			
Variable 1	Variable 2	Corr. De Pearson	P
Pp Km 14 (pp/min)	Pp Km 3 (pp/min)	0,936*	0,001
Ritmo (pasos/seg)	Vel. ND (m/seg)	0,883**	0,001
Ritmo (pasos/seg)	Vel. D (m/seg)	0,889**	0,001
Ritmo (pasos/seg)	vel. Media (m/seg)	0,911**	0,001

Pp Km 3; pulsaciones en el kilómetro 3. Pp Km 14; pulsaciones en el kilómetro 14.  
Vel. ND; velocidad de la pierna no dominante. Vel D.; velocidad de la pierna dominante.

## DISCUSIÓN

Cada vez son más los estudios y las investigaciones que se llevan a cabo en materia de la actividad física (21), a raíz de una creciente y progresiva evolución del material deportivo y de los aparatos biomédicos, los cuales nos permiten obtener una serie de registros y datos en tiempo real y de manera eficiente y precisa (15) se pretende, en el presente estudio, eliminar la subjetividad e imprecisión que algunas formas de evaluar presentan tanto por el proceso llevado a cabo como por los materiales utilizados.

Según todos los datos extraídos queda afirmada la hipótesis de partida la cual cita; “la técnica de carrera “Barefoot” (descalzos) muestra parámetros cinemáticos más eficaces que la técnica Shod (calzados), aportando por esa razón mayor rendimiento en la modalidad deportiva del atletismo de media distancia”. Aunque no tan clara, la mayor economía de esfuerzo.

No cabe duda, de que el comportamiento cinemático (técnica) es un factor muy importante en relación al consumo energético y, por tanto al rendimiento a la hora de realizar un esfuerzo físico; evidentemente, andar es menos económico que correr por debajo de ciertas velocidades (22). El entrenamiento de la técnica de carrera en corredores de fondo no sólo debe ir orientado a la repetición ordenada de ciertas técnicas asumidas como eficaces, sino también al análisis del calzado deportivo y, debido a que la carrera de fondo depende de los aspectos cuantitativos de la ejecución; habría que analizar posibles desequilibrios musculares y/o de longitudes óseas que puedan desencadenar movimientos desaconsejados así como parámetros cinemáticos y aspectos propios de la dinámica de ejecución de cada uno de los corredores (15).

En primera instancia, cabe resaltar que en el presente estudio, siguiendo a Kaneko, M. y cols. (23), Edington, C. y cols. (24), Clarke, T.E. y cols. (25), Williams, K.R. y cols. (26) y McCardle y cols. (13) quienes afirman que “el mayor nivel de eficiencia se consigue a la propia velocidad específica de competición”; se toma como punto de partida el ritmo medio de cada corredor en su última competición de Media Maratón para evaluar parámetros referentes a la economía de esfuerzo.

Dentro del variado número de factores cinemáticos valorados, se hace referencia primeramente, a aquellos que han sido concluidos como contribuyentes a aportar diferencias significativas al presente estudio. En concreto velocidad media (m/seg.) así como velocidad de la pierna dominante y no dominante (m/seg.), ritmo (pasos/seg.) y tiempos de vuelo (seg.) de las piernas dominante y no dominante (ver tabla 2).

A su vez, algunas de estas variables cinemáticas, muestran destacables correlaciones con otras de las valoradas en relación a la economía de esfuerzo. Más detalladamente ritmo con velocidad y Pulsaciones en el Km 14 con Pulsaciones en el Km 3 para corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) e IMC con Pulsaciones en el

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

Km3 además de Pulsaciones en el Km 3 con Pulsaciones en el Km 14 para el total de la muestra (ver tablas 5 y 6).

De acuerdo con los resultados de Vincent y cols. (27) y Divert, C. y cols. (28) quienes afirman que, correr descalzo aumenta la cadencia de pasos y en consecuencia, de zancadas y disminuye tanto el tiempo de contacto como el tiempo de vuelo de las extremidades inferiores en corredores que practican la técnica “Barefoot” (descalzos) y Lorenz, D.S. y cols. (29) quienes relacionan correr descalzo, con una reducción del tiempo de contacto; se extraen del presente estudio resultados similares acerca de estos 4 parámetros cinemáticos. Concluyendo que, los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) desarrollan un mayor número pasos y, por tanto, zancadas, y menores tiempos de vuelo y de contacto tanto de la pierna dominante como de la no dominante (ver tablas 2 y 3).

En el estudio de Williams y cols (30), se afirma que un tiempo de contacto más largo está relacionado con una mejor economía de esfuerzo. En este estudio, es el grupo de corredores de técnica Shod (calzados) son los que presentan mayor tiempo de contacto medio y a su vez, menor velocidad y ritmo medio en carrera (ver tablas 2 y 3), aunque en diferencia con este estudio, la economía medida en este caso por la velocidad y ritmo es menor. Por el contrario, los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos) desarrollan durante su carrera un tiempo de contacto menor, y a su vez mayor velocidad y ritmo en la misma.

Aunque en las versiones de Bailey, S.P. y cols. (31) se le atribuya al parámetro cinemático de “longitud de zancada” como “variable cinemática más importante para el rendimiento en carrera”, no se han encontrado correlaciones significativas entre esta variable y otras de las estudiadas que permitan predecir ni resultados de rendimiento ni de economía de esfuerzo. No obstante, cabe destacar que los corredores de la técnica “Barefoot” (descalzos) muestran una zancada mucho más amplia (de media) que los corredores del grupo de técnica “Shod” (calzados) (ver tabla 2). Y que, además, los corredores descalzos muestran mayor velocidad y ritmo (medios). Esto último podría estudiarse más a fondo con grupos más numerosos con el fin de corroborar si existe relación entre los parámetros cinemáticos aquí nombrados y, pueda ser la amplitud de zancada el factor principal para que los corredores descalzos desarrollen mayor velocidad y ritmo.

En relación a lo mismo Squadrone, R. (32) asocia un menor tiempo de contacto y una mayor frecuencia de zancada (ritmo) al grupo de corredores descalzos frente a los calzados. Esta última afirmación queda reflejada en el presente estudio (ver tablas 2 y 3).

Tomando como punto de partida para extraer conclusiones acerca de los parámetros relacionados con la economía de esfuerzo, las conclusiones de Legaz y cols. (33) las cuales afirman; “un menor aumento de pulsaciones entre 2 o más etapas de una

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

prueba significa una mejor economía de esfuerzo ya que el sujeto es capaz de adaptarse mejor al esfuerzo (...)” se puede afirmar que los corredores de técnica “Shod” (calzados), (aunque sin diferencias significativas que afirmen dicha conclusión), tienen mayor economía de esfuerzo que los corredores de técnica “Barefoot” (calzados) por que el aumento de pulsaciones entre las 2 partes de la carrera valoradas (km 3 y km 14) en este primer grupo es menor que en el grupo de técnica “Barefoot” (descalzos) (ver tablas 3 y 4).

De esto anterior, tampoco se puede decir que la economía de esfuerzo sea peor, ya que las condiciones de evaluación no son las mejores posibles; por falta de sujetos, ya que el grupo estudiado no es muy amplio, pero las condiciones del estudio no han permitido más muestra, porque no existen diferencias significativas para el parámetro de “diferencia de pulsaciones” ni tan siquiera para los de pulsaciones en el km 3 y pulsaciones en el km 14 entre cada uno de los grupos y porque los corredores del grupo de técnica “Barefoot” (descalzos) parten de unas pulsaciones de inicio mucho más bajas que los de técnica Shod (calzados), (ver tabla 4), lo cual puede ser causa de un aumento mayor durante el esfuerzo realizado (el hecho de tener más margen de aumento).

En contradicción a Berg (34) quien plantea la hipótesis de la posible relación entre una menor talla y un menor peso con una menor cantidad de pulsaciones, se encuentran resultados opuestos en el presente estudio; ya que, para el grupo de técnica “Shod” (calzados), quienes presentan menor IMC (menor talla y peso medios), las pulsaciones medias en ambos períodos de la carrera valorados (km 3 y km 14) son mayores (ver tablas 1 y 4). De modo contrario, en este grupo de corredores la velocidad y el ritmo de carrera son menores que en el grupo de técnica “Barefoot” (descalzos), lo cual puede llevar a conjeturar que tanto el peso y la talla como una cantidad de pulsaciones menor podrían ser aspectos positivos para el rendimiento. (12)

De forma similar a LaTorre P.A. y cols (12) quienes afirman que la FC no guarda relación con factores biomecánicos se encuentran afines conclusiones en el presente estudio, siendo la FC correlacionada únicamente con factores antropométricos (IMC). Esta correlación “a mayor IMC, mayores cifras de FC media” debería ser tratada con cautela ya que, el IMC puede llevar a conclusiones erróneas si no se saben los inconvenientes que presenta a la hora de no discriminar entre masa grasa y masa magra. Para determinar dicho parámetro hay que ayudarse de los valores de altura y peso, pero no debe de pasarse por alto que, en ocasiones y más en deportistas sino se hace un estudio de composición corporal, el peso total no discrimina entre masas (grasa y magra), por tanto, aunque un deportista pese mucho por estar muy musculado, la fórmula para determinar el IMC no lo tendrá en cuenta y podrá concluir con resultados de “sobrepeso”. Además, el momento de valoración de, tanto peso como altura, debería de hacerse bajo unas condiciones determinadas para todos los deportistas por igual; por la mañana, en ayunas, (...) (19).

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

Con respecto a lo anterior, la afirmación de los autores Sedeaud, A. y cols. (10) “En atletismo, la velocidad aumenta de forma continua con el IMC (entendiendo que este aumenta por masa magra y no grasa, ya que se habla de deportistas)” podría estar relacionada con la mayor velocidad y ritmo medios de los corredores de técnica “Barefoot” (descalzos), los cuales presentan a su vez valores de IMC más elevados. (Ver tabla 1)

Por último citar la referencia de Frederik, E.C y cols. (35), en la cual afirma que el consumo de O<sub>2</sub> (por tanto, de forma inversa el rendimiento), aumenta 1% por cada 100 grs de peso añadido al propio corredor; debiendo hacer alusión en este caso, a las zapatillas de los corredores de técnica “Shod” (calzados) que, aunque no hayan sido objeto de estudio en la presente investigación no por eso deben pasar sin hacerseles la consecuente alusión.

## CONCLUSIONES

- Existen diferencias significativas entre ambas técnicas de carrera para los siguientes parámetros cinemáticos: el tiempo de vuelo, la velocidad media y ritmo de carrera, siendo menor en el primero y mayor en los dos últimos para el grupo de técnica “Barefoot” (descalzos). No se han encontrado diferencias entre el resto de parámetros estudiados.
- Se ha demostrado una correlación positiva entre el ritmo de carrera y la velocidad media en los corredores de la técnica “Barefoot” (descalzos).
- La economía de esfuerzo, valorada según frecuencia cardíaca y percepción subjetiva de esfuerzo, cuenta con parámetros similares y sin diferencias entre las dos técnicas estudiadas.
- La técnica “Barefoot” (descalzos) incrementa el rendimiento deportivo según los parámetros cinemáticos de velocidad y ritmos medios, ya que el aumento de estos parámetros, demostrados en este estudio, determinan mayor espacio recorrido en el mismo tiempo de carrera.

## CONCLUSIONS

- There are significant differences between the two running techniques for the following kinematic parameters: the time the toes don't touch the ground “flight time”, average speed and pace running, being lower in the first and higher in the last two to the group of runners "Barefoot". No differences were found between the rests of studied parameters.
- It has shown a positive correlation between race pace and average speed in the runners of "Barefoot" running technique.
- The economy of effort, as assessed by heart rate (HR) and subjective perception of effort, has similar parameters and without differences between the two techniques studied.
- "Barefoot" running technique increases athletic performance as the kinematic parameters of average speed and pace running, so the increase of these parameters, shown in this study, more running distance in the same running time.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Bramble, D.M., Lieberman, D.E. *Endurance running and the evolution of Homo*. Nature. 2004; 432:345-352.
- (2) Altman, A.R., Davis, I.S. *Barefoot Running: Biomechanics and Implications for Running Injuries*. Extremity conditions. 2012; 11(5): 244-250.
- (3) Microgate. (1989). *Qué es OptoGait y sus aplicaciones* [formato electrónico]. Recuperado de <http://www.optogait.com/Que-es-OptoGait>
- (4) McCarthy, C., Fleming, N., Donne, B., Blanksby, B. *12 Weeks of Simulated Barefoot Running Changes Foot-Strike Patterns in Female Runners*. International Journal of Sports Medicine. 2014; 35(5):443-50
- (5) Borgg. (1962). *Physical performances and Perceived Exertion*. Lund: Gleerup.
- (6) Hanson, N.J., Berg, K., Deka, P., Meendering, J.R., Ryan, C. *Oxygen cost of running barefoot vs. running shod*. International Journal of Sports Medicine. 2011; 32(6):401-406.
- (7) Perl, D.P., Daoud, A.I., Lieberman, D.E. *Effects of footwear and strike type on running economy*. Medicine Sciences of Sports Exercise. 2012; 44(7):1335-1343.
- (8) Lieberman, D.E. *What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective*. Exercise and Sport Sciences Reviews. 2012; 40(2):63-72.
- (9) Jenkins, D.W. , Cauthon, D.J. *Barefoot running claims and controversies: a review of the literature*. Journal of the American Podiatry Association. 2011; 101(3):231-246.
- (10) Sedeaud, A., Marc, A., Marck A, Dor, F., Schipman, J., Dorsey, M., Haida, A., Berthelot, G., Toussaint, J.F. *BMI, a Performance Parameter for Speed Improvement*. PLoS One. 2014; 25;9(2): 1-7.
- (11) Lorenz, D.S., Pontillo, M. *Is There Evidence to Support a Forefoot Strike Pattern in Barefoot Runners? A Review*. Sports Health. 2012; 4(6):480-484.
- (12) LaTorre, P.A, Soto, V.M. *Efectos de la fatiga en los parámetros cinemáticos de corredores de fondo a velocidades competitivas Biomecánica*. 2002; 10 (2): 111-121.
- (13) McCardle, W.D., Katch, F.L., Katch, V.L. *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano*. (1ª ed.). Madrid (1990): Alianza Editorial.
- (14) Peroni Ranchet, F., Mognoni, P., Impellizzeri, F. *Does cost of running depend of speed*. Sport Sciences for Health. 2006; 1: 97-103
- (15) Boullosa, D., Tuimil, J.L. *Economía de Carrera: Un Parámetro Multifactorial*. PubliCE Premium. 2006. Recuperado de <http://g-se.com/es/evaluacion-deportiva/articulos/economia-de-carrera-un-parametro-multifactorial- 895>.
- (16) Bob Saxton, K., Wallack, R.M. (2011). *Barefoot running Step by Step*. (1ª ED.) USA. Fair Winds Press Editorial.
- (17) Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gómez, F., San Juan, A., Santiago, C., Pérez, M., Chamorro, C., Foster, C. *Physiological characteristics of the best Eritrean runners—exceptional running economy*. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 2006; 31(5): 530-540,

“Estudio comparativo de 2 técnicas de carrera por parámetros cinemáticos:  
Barefoot y Shod running”

- (18) Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Santonja, F. *A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability*. Man Therapy. 2014; 2(14)00042-3
- (19) DeRider, H. (1986). *The International Society for the Advancement of kinanthropometry “ISAK”*.
- (20) Devin, P., McFadden, Peter, H., Seidenberg. *Physical Examination of the Hip and Pelvis*. Springer Science+Business Media, LLC. 2010; 9-36.
- (21) Aranceta, J., Serra, L., Viñas, R. *Actividad física y salud. Estudio Enkid*. Barcelona, España: Masson S.A. 2006. Recuperado de <http://www.libreriadeportiva.com/L18181-actividad-fisica-y-salud-estudio-enkid.html>
- (22) Daniels, J.A. *A Physiologist’s view of running economy*. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1985; 17: 332-338
- (23) Kaneko, M., Matsumoto, M., Ito, A., Fuchimoto, T. *Optimum step frequency in constant speed running*. Human Kinetics Publishers. 1987; 803-807.
- (24) Edington, C., Frederick, E.C, Cavanagh, P. *Rearfoot Motion in Distance Running. Biomechanics of distance running*. Human Kinetics, Champaign. 1990.
- (25) Clarke, T.E., Frederick, E.C., Hamill, C.L. *The effects of shoe design parameters on rearfoot control in running*. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1983; 15(5): 367-381.
- (26) Williams, K.R. (1990). *Relationships between distance running biomechanics and running economy*. Biomechanics of distance running. Human Kinetics, Champaign
- (27) Vincent, H.K., Montero, C., Conrad, B., Seay, A., Edenfield, K., Vincent, K. *Metabolic comparison of running shod and barefoot in mid-forefoot runners*. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* . 2014; 29. [Epub ahead of print].
- (28) Divert, C., Mornieux, G., Baur, H., Mayer, F., Belli, A. *Mechanical comparison of barefoot and shod running*. International Journal of Sports Medicine. 2005; 26 (7):593-598.
- (29) Lorenz, D.S., Pontillo, M. *Is There Evidence to Support a Forefoot Strike Pattern in Barefoot Runners? A Review*. Sports Health. 2012; 4(6):480-484.
- (30) Williams, K.R., Cavanagh, P.R. *Biomechanical correlates with running economy in elite distance*. Proceedings of the North American Congress on Biomechanics, combined with. Organizing Committee, 1986; 2: 287-288.
- (31) Bailey, S.P., Messier, S.P. *Variations in stride length and running economy in male novice runners subsequent to a seven-week training program*. International Journal of Sports Medicine. 1991; 12 (3): 299-304
- (32) Squadrone, R., Gallozzi, C. *Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners*. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.2009; 49(1):6-13.
- (33) Legaz, A. *Manual de entrenamiento deportivo*. 2012. Ed: Paidotribo.
- (34) Berg, K. *Endurance training and performance in runners*. Sports Medicine. 2003; 33(1): 59-73.
- (35) Frederick, E.C. *The energy cost of load carriage on the feet during running*. En Winter, D.A., Norman, R.W., Wells, R.P., Hayes, K.C., and Patla, A. (Eds.). *Biomechanics IX-B*. Champaign: Human Kinetics. 1985.