



universidad
de león



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

Curso Académico 2015/2016

INFLUENCIA DE LAS ZAPATILLAS DE CLAVOS EN EL
RENDIMIENTO Y LAS VARIABLES BIOMECÁNICAS DE LA CARRERA
DE VELOCISTAS MASCULINOS

Influence of the spikes shoes on performance and biomechanical
variables of running in male sprinters

Autor: Pedro Corbí Santamaría

Tutor: Dr. Juan García López

Fecha: 30 de Junio de 2016

VºBº TUTOR

VºBº AUTOR

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO Y COMPETENCIAS A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE.....	6
3. METODOLOGÍA.....	7
3.1. Sujetos.....	7
3.2. Procedimiento.....	7
3.2.1. Primera fase.....	8
3.2.2. Segunda fase.....	9
3.2.3. Tercera fase.....	11
3.2.4. Obtención de las variables de análisis.....	11
3.2.5. Análisis estadístico.....	14
4. RESULTADOS.....	15
5. DISCUSIÓN.....	18
6. CONCLUSIONES, APLICACIONES Y PERSPECTIVAS.....	21
7. BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXOS.....	23

RESUMEN

El propósito de este trabajo es cuantificar el efecto del uso de zapatillas de clavos en el rendimiento de la carrera de velocidad, diferenciando entre el efecto de los clavos y del peso, para valorar la influencia del calzado en los parámetros biomecánicos de la carrera. Participaron 9 atletas masculinos de nivel regional y nacional (pruebas de 100, 200 y 400 m lisos) que realizaron tres sprints de 40 m, usando de forma aleatoria tres clases de calzado (zapatillas de clavos, zapatillas de running y zapatillas de clavos lastradas con plomo hasta igualar el peso de las zapatillas de running). Los resultados obtenidos demostraron que el rendimiento mejoraba un 2.6% con las zapatillas de clavos respecto de las zapatillas de running, de los cuales un 1.7% era debido a los clavos y un 0.9% a la diferencia de peso. Al analizar las variables biomecánicas se observó que la frecuencia de zancada permaneció constante, la amplitud de zancada aumentó debido al efecto de los clavos (~3 cm) y el tiempo de contacto disminuyó (~6 ms) debido a un efecto combinado de los clavos y el peso. En conclusión, el rendimiento en carreras de velocidad se ve mejorado al utilizar zapatillas de clavos respecto a las zapatillas de running, siendo un tercio de la mejora debida a la diferencia de peso, y el resto al efecto de los clavos.

Palabras clave: zapatillas de clavos, biomecánica, velocidad, rendimiento.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to quantify the effect of the use of spikes on sprint performance, separating between both cleats and weight effects; additionally, the influence of the footwear on biomechanical parameters of running was analyzed. Nine male regional-national sprint athletes (i.e., 100, 200 & 400 m distances) participated in this study, they performed three 40 m sprints in a randomized order (i.e., spikes, running shoes and weighted spikes). Performance improved 2.6% with spikes with respect to running shoes, where 1.7% were due to the cleats and 0.9% were due to the weight. When analyzing the biomechanical variables, it was observed that the stride frequency remained constant, the stride length increased due to the cleats effect (~3 cm) and the contact time decreased (~6 ms) due to a combined effect of the cleats and the weight. In conclusion, the sprint performance improved when using spikes with respect to running shoes, one third of the improvement was due to the weight, and the rest to the cleats.

Keywords: spikes, biomechanics, sprint, performance.

1. INTRODUCCIÓN

En las pruebas de atletismo de velocidad, el rendimiento se ve influenciado por diferentes factores: fisiológicos, antropométricos, ambientales, biomecánicos, etc. Dentro de estos últimos se encuentra el calzado, que puede afectar al rendimiento (Majumdar y Robergs, 2011). A finales del pasado siglo XX, algunos autores en sus estudios biomecánicos sobre la carrera de velocidad ya intuían que las zapatillas con clavos podían producir mejoras en el rendimiento. No obstante no había estudios que demostrasen y cuantificasen dichas mejoras (Mero et al, 1992). Hoy en día todos los velocistas utilizan zapatillas de clavos para competir. Ningún atleta cuyo objetivo sea el rendimiento se plantea correr con otro tipo de calzado, lo que contrasta con que aún en la actualidad apenas haya estudios que evidencien estas mejoras en el rendimiento. (Majumdar y Robergs, 2011).

En la literatura se han identificado 3 propiedades del calzado que podrían afectar al rendimiento: peso, rigidez y tracción. Estas propiedades, en teoría, afectarían al gasto energético que supone mover las zapatillas y a las fuerzas de reacción aplicadas en el suelo. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han realizado a velocidades submáximas (Logan et al., 2010; Ogueta-Alday, 2014; Zingsem et al., 2014), y son escasos los realizados en pruebas de máxima intensidad y corta duración (ej. Sprint, salto vertical, cambios de dirección rápidos) (Stefanyshyn y Fusco, 2004; Worobets y Wannop, 2015; Mohr et al, 2016).

El peso ha sido reconocido un factor importante en el gasto energético (i.e. se acepta que 100 gr en cada pie aumentan un 1% el gasto de energía) en carreras de media y larga distancia (Ogueta-Alday, 2014). Sin embargo, estudios recientes llevados a cabo en acciones de máxima intensidad y corta duración no son concluyentes (Worobets y Wannop, 2015; Mohr et al, 2016). Así, por ejemplo, en jugadores de baloncesto que utilizaban el mismo modelo de zapatilla con distinto peso, no se mejoraba el rendimiento en sprints de diez metros ni en el salto vertical (Worobets y Wannop, 2015). En el mismo deporte, se ha concluido que el peso únicamente tiene un efecto psicológico, ya que el rendimiento en estas acciones sólo mejoraba cuando los jugadores conocían el peso de sus zapatillas, y no en el grupo “ciego” (Mohr et al, 2016).

La influencia de la rigidez, definida como la resistencia a la flexión del calzado, ha sido analizada durante acciones de máxima intensidad y corta duración en baloncesto (Worobets y Wannop, 2015), y en pruebas de velocidad en atletismo (Stefanyshyn y Fusco, 2004). Ambos estudios coinciden en que el aumento de rigidez supone una mejora en el rendimiento, hasta un punto en que disminuiría, existiendo pues una rigidez óptima, posiblemente individual para cada deportista. Esta mejora se debería al hecho de minimizar la pérdida de energía en la articulación metatarsfalángica durante el apoyo en el suelo y al hecho de evitar que el centro de presiones tenga que retroceder durante el mismo, si bien no se ha determinado los factores que condicionan esa rigidez óptima para cada atleta (Stefanyshyn y Fusco, 2004). Esto hace que cada atleta tenga que probar con diferentes grados de rigidez, hasta encontrar la que le resulta óptima (Stefanyshyn y Fusco, 2004).

La influencia de la tracción, definida como la fuerza de rozamiento entre el calzado y la superficie donde se utiliza, también ha sido estudiada durante acciones de máxima intensidad en baloncesto (Worobets y Wannop, 2015). Utilizando tres coeficientes de rozamiento (0.8, 1.0 y 1.2) se observaron mejoras en el rendimiento en el salto vertical y en el sprint con los dos primeros (Worobets y Wannop, 2015), lo que confirmaría la hipótesis de que existe un determinado umbral de rozamiento (Luo y Stefanyshyn, 2011). Para los cambios de dirección se observó mejora en el rendimiento con el valor máximo de tracción (Worobets y Wannop, 2015), y aunque existe controversia a este respecto (quienes opinan que también existiría ese umbral), posiblemente el hecho de que los cambios de dirección exijan un mayor agarre o tracción del calzado podría justificar este comportamiento.

La zapatilla de clavos utilizada en pruebas de velocidad de atletismo se caracteriza por un bajo peso, elevada rigidez y alta tracción. Sin embargo, los resultados de los estudios realizados sobre la influencia de este calzado en el rendimiento son un poco controvertidos. Theophilos et al. (2014) no encontraron diferencias en el rendimiento del sprint en niños entre 11 y 13 años que utilizaron zapatillas de clavos, running y descalzo, lo que posiblemente pudiera deberse a la edad de los participantes y a la poca experiencia en el uso de este tipo de calzado (entre 1 y 3 años). Otros estudios biomecánicos, que no han evaluado su efecto en el rendimiento, han demostrado que las zapatillas de clavos reducen el rango de movimiento de la articulación metatarsfalángica y la máxima flexión dorsal del tobillo, lo que a priori podría significar una pérdida de rendimiento (Toon, Williams, Hopkinson y Caine, 2009).

Aparte del estudio de Stefanyshyn y Fusco (2004) mencionado anteriormente, sólo tenemos conocimiento de dos trabajos que ha evaluado el efecto en el rendimiento del uso de zapatillas de clavos durante las pruebas de velocidad en atletismo (Smith, Lake y Lees., 2014; Jiménez, 2015). El primero de ellos comparó, en atletas experimentados, la mejora de rendimiento al utilizar zapatillas de clavos respecto a la situación de descalzo, obteniendo una mejora del 3.8% en el sprint de 55 m (Smith, Lake y Lees., 2014). Además, en un Trabajo Fin de Grado reciente donde se compararon zapatillas de clavos y zapatillas de running se observó una mejora del 1.8% en el sprint de 40 m. Este estudio fue realizado en mujeres de nivel regional y nacional, donde la zapatilla de clavos mejoró el rendimiento en 0.105 s (1.8%), de los cuales 0.037 s (0.6%) se debieron al peso (clavos lastrada). El análisis biomecánico desveló, que no hubo cambios significativos en la frecuencia de zancada, pero sí en la amplitud de zancada, que fue ~ 2 cm mayor con zapatilla de clavos que con la de running, sin diferencias cuando la zapatilla de clavos se lastró (no hubo efecto del peso). La zapatilla también afectó al tiempo de contacto, que fue aumentando progresivamente en 3 ms entre zapatilla de clavos y lastre, y 2 ms entre la zapatilla lastrada y running (Jiménez, 2015).

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO Y COMPETENCIAS A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE

El objetivo principal del presente trabajo es cuantificar el efecto en el rendimiento y la biomecánica de la carrera de la utilización de las zapatillas de clavos durante el sprint de 40 m en atletas masculinos de nivel autonómico-nacional, diferenciando el efecto de la tracción-rigidez del efecto del peso de la zapatilla. Los resultados obtenidos serán comparados con los de un Trabajo Fin de Grado anterior (Adrián Jiménez, Curso Académico 2014-15), donde se cuantificaron las mismas variables en mujeres de similar nivel competitivo.

Las competencias generales a desarrollar por el alumno están relacionadas con la selección, familiarización y posterior utilización de diferentes instrumentos de medida para valorar una modalidad deportiva, así como con la aproximación a la formación e investigación científica. Destacan las siguientes:

- Conocer y comprender los objetos de estudio de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Adquirir la formación científica básica aplicada a la actividad física y al deporte en sus diferentes manifestaciones.
- Conocer y comprender los factores biomecánicos que condicionan la práctica de la actividad física y del deporte, así como sus efectos.
- Examinar, discriminar y comprender la literatura científica en el ámbito de la actividad física y del deporte.
- Conocer y aplicar correctamente las tecnologías de la información y comunicación en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Desarrollar competencias generales para el aprendizaje autónomo que faciliten adaptaciones para poder resolver situaciones imprevistas en el futuro.
- Desarrollar hábitos de calidad y excelencia en el ejercicio profesional, actuando con respeto a los principios éticos necesarios.

A parte de las competencias generales, las específicas se pueden resumir en:

- Aplicar los principios teóricos de la biomecánica en situaciones reales dentro del campo de la actividad física y del deporte.
- Saber interpretar resultados y controlar variables utilizando diferentes métodos y técnicas de medición o estimación, tanto de laboratorio como de campo, aplicándolas en un grupo de entrenamiento.
- Utilizar correctamente las tecnologías más adecuadas a cada situación concreta.

3. METODOLOGÍA

3.1. Sujetos

En este estudio han participado 9 atletas de velocidad especialistas en pruebas desde 60 a 400 metros, de género masculino, de nivel regional y nacional. Tenían una edad de 17.5 ± 4.0 años, un peso de 62.1 ± 3.7 kilogramos, una altura de 173.3 ± 4.5 centímetros y una experiencia de entrenamiento de 5.2 ± 2.8 años. Ocho de estos atletas formaban parte del club burgalés Florentino Díaz Reig de atletismo y uno de ellos al club Atlético Salamanca. Todos ellos formaban parte del mismo grupo de entrenamiento y contaban con el mismo entrenador. Los deportistas fueron informados con anterioridad sobre los objetivos y el protocolo del estudio y dieron su consentimiento por escrito (Anexo 1).

3.2. Procedimiento

El estudio se llevó a cabo en 3 fases. En la primera fase se realizó una reunión con los corredores y entrenador donde se informó de los objetivos y beneficios del estudio. Una vez aceptaron participar se les envió un cuestionario por la aplicación electrónica Google Drive donde se recogieron los datos de los participantes (Anexo 2). Paralelamente a este proceso, se procedió a la recogida de los pesos de las zapatillas de running y de clavos. Previamente a la realización de la prueba se recogieron los consentimientos firmados por parte de los atletas (Anexo 1).

La segunda fase consistió en la realización, cronometraje y filmación de las pruebas de velocidad, las cuales se desarrollaron en el módulo cubierto superior de las pistas Purificación Santamarta del complejo polideportivo San Amaro en Burgos. Consta de 6 calles y 110 m de longitud, homologada por la Real Federación Española de Atletismo (Figura 1). Cada atleta realizó tres carreras de 40 m, cada una de ellas con un tipo de calzado diferente: con las zapatillas tipo running, con las zapatillas de clavos y con las zapatillas de clavos lastradas con plomo hasta alcanzar el peso de las zapatillas tipo running. El orden en el que usaron cada calzado fue aleatorio para descartar la posible influencia de la fatiga o el aprendizaje en los resultados obtenidos.

En la tercera fase tuvo lugar el análisis de los vídeos obtenidos durante la prueba, la obtención de las variables a estudiar y su posterior análisis de datos y estadístico. Así como entrega, explicación y puesta en común de dichos resultados con los atletas participantes en la prueba.

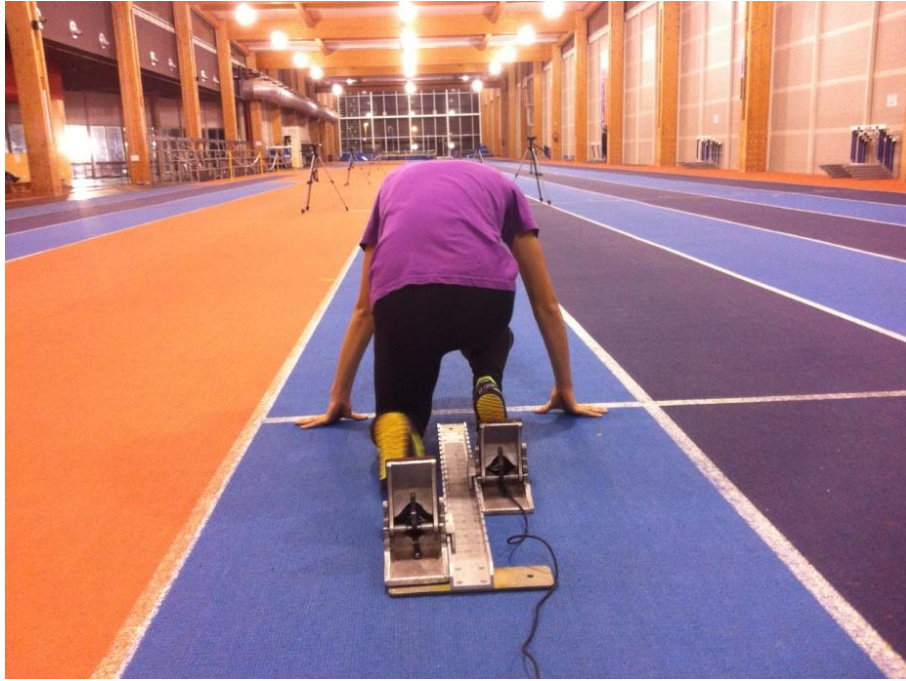


Figura 1.- Módulo cubierto atletismo (Pistas Purificación Santamarta, Burgos). Imagen de la realización de las pruebas de velocidad.

3.2.1. Primera fase

Se realizó una reunión con los corredores y entrenador donde se informó de los objetivos y beneficios del estudio. Una vez aceptaron participar se les envió un cuestionario por la aplicación electrónica Google Drive donde se registró: edad, altura, peso, prueba de especialidad, categoría, marca persona, experiencia, modelo de zapatilla de running y modelo de zapatilla de clavos (Anexo 2). Paralelamente a este proceso, se procedió a la recogida de los pesos de las zapatillas de running (281.6 ± 30.4) y de clavos (180.5 ± 20.4 gr) con la ayuda de una báscula de mano (Weitheng Portable Electronic Scale, precisión 10 gramos) en la que se pesaban ambas zapatillas juntas y después se dividía el resultado entre 2, para obtener un resultado más exacto (Figura 2). Previamente a la realización de la prueba se recogieron los consentimientos firmados por parte de los atletas donde se detallaban los objetivos y características del estudio y se eximía a los responsables de la prueba de cualquier responsabilidad derivada de su realización (Anexo 1).



Figura 2.- Diferentes tipos de zapatillas usadas las pruebas (de arriba a abajo: zapatilla de clavos, zapatilla de clavos lastrada y zapatilla de running) (izquierda). Pesaje de las zapatillas con la báscula digital de mano Weitheng Portable Electronic Scale (derecha).

3.2.2. Segunda fase

La segunda fase consistió en la realización de las pruebas de velocidad, Cada atleta realizó tres esprines de 40 m cada uno, con recuperación total. Cada una de ellas con un tipo de calzado diferente: con las zapatillas tipo running, con las zapatillas de clavos y con las zapatillas de clavos lastradas con plomo hasta alcanzar el peso de las zapatillas tipo running. El orden en el que usaron cada calzado fue aleatorio. Ambos tipos de zapatillas eran las que el velocista utiliza habitualmente para entrenar y competir. La longitud de los clavos era de 6 mm. El peso de los plomos utilizados fue muy variado (30, 60, 80 y 100 gr), utilizando varias combinaciones para conseguir el peso necesario a cada participante (Figura 3). Dichos lastres se colocaron en el empeine del pie, en la zona de los cordones de la zapatilla de clavos. Los plomos se envolvían con cinta aislante y se unían a los cordones de la zapatilla. Después, se aseguraba con dos vueltas de cinta aislante a la zapatilla para evitar que se escapasen al correr (Figura 3).



Figura 3.-Plomos utilizados en las pruebas (30 gr, 60 gr, 80 gr y 100 gr) (izquierda). Lastre fijado con cinta aislante al empeine del pie de las zapatillas de clavos (derecha).

Para la cuantificación de las variables en los esprines se utilizó un pulsador en el taco de salida delantero, 4 barreras de fotocélulas (DSD Láser System, precisión 0.001 s) y 2 cámaras de alta velocidad (Casio Exilim EX – ZR1000) grabando a 240 fps (Figura 4). El pulsador y las fotocélulas iban conectados a un ordenador portátil, el cual mediante el software SportTest-v3.2.2 (Desarrollo de Software Deportivo, León, España) nos proporcionaba el tiempo total y los parciales de cada sprint. Las fotocélulas se situaron cada 10 m desde la línea de salida (es decir, a los 10, 20, 30 y 40 m); con el haz de luz a la altura de la cadera ~1 m (García-López et al., 2012). Se colocaron 2 cámaras en los laterales sobre trípode, grabando a 240 fps, tomando imágenes de los tramos 0-10 m y 30-40 m, coincidiendo con la fase de aceleración en la salida y la fase lanzada de máxima velocidad respectivamente. Para la realización de cada sprint los atletas se colocaban en los tacos de salida. Cada participante realiza la prueba individualmente. Primero se les permitía realizar una salida de prueba tras ajustar los tacos a sus necesidades. A continuación se les daba la salida de la misma manera que en competición oficial, con las órdenes de: ¡A sus puestos!, ¡Listos!, ¡Ya!. El tiempo de carrera comenzaba a registrarse a partir de que la atleta abandonaba el taco delantero (el pulsador dejaba de estar accionado). Cuando terminaba cada atleta, recuperaba completamente y preparaba el siguiente calzado que tenía que utilizar. Los tiempos de cada atleta eran registrados al momento en una tabla (Anexo 3).

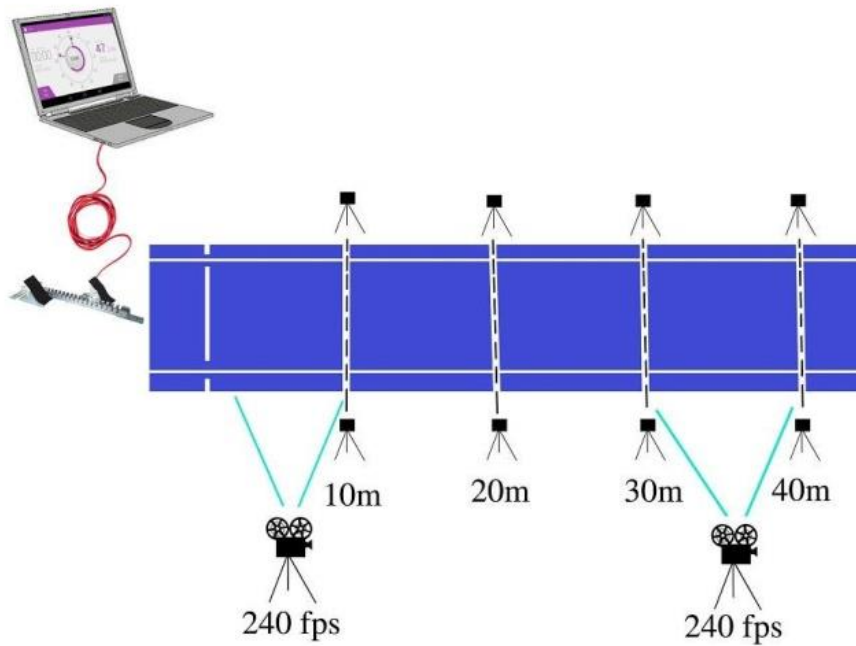


Figura 4.-Esquema de la disposición del material durante los sprints.

3.2.3. Tercera fase

En la tercera fase tuvo lugar el análisis de los vídeos obtenidos durante la prueba, la obtención de las variables a estudiar y su posterior análisis de datos y estadístico. También se entregaron, explicaron y pusieron en común de dichos resultados con los atletas participantes en la prueba (Anexo 4).

3.2.4. Obtención de las variables de análisis

Se obtuvieron los tiempos totales de cada sprint de 40 m y los valores promedio de tiempo de contacto, frecuencia de zancada y amplitud de zancada. Estos valores se calcularon a partir de la media de la fases de aceleración y carrera lanzada, tal y como se describe a continuación. Para la obtención de los datos de variables biomecánicas se utilizó el software gratuito “Kinovea v.0.8.15”, a través del cual se analizaron los videos grabados con las cámaras de alta velocidad (240 fps) y se consiguieron los datos requeridos.

La velocidad de carrera era obtenida del registro de las fotocélulas durante toda la prueba, centrándonos en el primer y último parcial (fase de aceleración y fase lanzada respectivamente).

La fase de aceleración se corresponde con el tramo comprendido entre los 0 -10 m (donde el deportista desde parado comienza a acelerar) y la fase lanzada con el tramo 30-40 m (donde el deportista desarrolla la máxima velocidad). Se calculó el valor promedio en cada fase y también la media entre ambas fases, para cada variable, como valor medio de la prueba completa.

Tanto en la fase de aceleración como en la fase lanzada, para obtener la frecuencia de zancada se medía el tiempo que pasaba entre el primer contacto con el suelo de la primera zancada, hasta que se contactaba con la pista tras la última zancada antes de los 10 m. Ese tiempo se dividía entre las zancadas realizadas, siendo 6 en la fase de aceleración y 3-4 en la fase lanzada (Figura 5). La amplitud se obtuvo tras un proceso de calibración. Gracias al Software Kinovea v.0.8.15. se representaba en el video una línea recta por el centro de la calle de la prueba, desde la línea de salida hasta la de los 10 m. Se introducía la medida de esta línea (10 m) como referencia (Figura 6). Una vez hecho esto, se marcaba con una coordenada el punto en que la puntera apoyaba con el suelo en la primera y última zancada durante los 10 metros. De esta manera se obtuvo la distancia exacta de las zancadas. (Figura 6). Para obtener la amplitud de zancada se dividió esta longitud total entre el número de zancadas realizadas (6 en la fase de aceleración y 3-4 en la fase lanzada). La medición del tiempo de contacto se obtuvo individualmente de cada una de las zancadas analizadas, tomando el valor promedio como representativo de esta fase tanto en la fase de aceleración como en la lanzada (Figura 7).



Figura 5.-Protocolo utilizado para la obtención de la frecuencia de zancada.



Figura 6.- Protocolo utilizado para la obtención de la amplitud de zancada.



Figura 7.- Protocolo utilizado para la obtención del tiempo de contacto.

3.2.5. *Análisis estadístico*

Los resultados son expresados como media \pm DS. El software SPSS+ V.17.0 fue utilizado para el análisis estadístico (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). El test de Kolmogorov-Smirnov fue aplicado para asegurar la distribución normal de todas las variables analizadas. Un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías con medidas repetidas fue utilizado para analizar el efecto de los clavos y el peso en las variables biomecánicas analizadas. La prueba posthoc de Newman-Keuls fue utilizada para establecer diferencias entre las medias. El tamaño del efecto ó "Effect size" (ES) de las diferencias encontradas también fue analizado (Cohen, 1988). La magnitud de las diferencias fue considerada trivial ($ES < 0.2$), pequeña ($0.2 \leq ES < 0.5$), moderada ($0.5 \leq ES < 0.8$), y grande ($ES \geq 0.8$). Valores de $p < 0.05$ fueron considerados como estadísticamente significativos.

4. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados promedio de toda la prueba. El tipo de zapatilla utilizada influyó en el rendimiento en los 40 m ($d= 2.35$, efecto grande), que mejoró en 0.142 s (2.6%) al utilizar zapatilla de clavos respecto a la de running, de los cuales 0.051 s (0.9%) se debieron al peso (clavos lastrada). No hubo diferencias significativas en la frecuencia ni la amplitud de zancada, aunque la tendencia fue a aumentar con las zapatillas de clavos y lastrada (~ 0.06 Hz y 3 cm mayor con zapatilla de clavos que con la de running), obteniéndose un efecto moderado en ambas variables ($d= 0.65$ y 0.69 , respectivamente). La zapatilla también afectó al tiempo de contacto ($d= 1.87$, efecto grande), que fue ~ 6 ms menor con la zapatilla de clavos respecto a la de running.

Tabla 1. Tiempo 0-40 m, media de frecuencia y amplitud de zancada y de tiempo de contacto obtenidos con los diferentes tipos de zapatilla analizados (clavos, clavos lastrada y running).

Variable/Zapatilla	Clavos	Clavos lastrada	Running
Tiempo (s)	5.199 \pm 0.166*	5.250 \pm 0.169#	5.341 \pm 0.160\$
Frecuencia (Hz)	4.28 \pm 0.20	4.27 \pm 0.21	4.22 \pm 0.20
Amplitud (m)	1.75 \pm 0.06	1.74 \pm 0.07	1.72 \pm 0.06
T. contacto (s)	0.131 \pm 0.009*	0.131 \pm 0.010	0.137 \pm 0.010\$

*, diferencias significativas entre zapatillas de clavos y running; #, diferencias significativas entre zapatillas de clavos y clavos lastrada (efecto del peso); \$, diferencias significativas entre zapatillas de clavos lastrada y de running (efecto del clavo).

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en la fase de aceleración. El tipo de zapatilla utilizada influyó en el rendimiento en los 20 m ($d= 1.13$, efecto grande), que mejoró en 0.068 s (2.2%) al utilizar zapatilla de clavos respecto a la de running, de los cuales 0.019 s (0.6%) se debieron al peso (clavos lastrada). No se observaron diferencias significativas en la frecuencia ni en la amplitud de zancada, a pesar de obtenerse un efecto pequeño y moderado ($d= 0.45$ y 0.67 , respectivamente). La zapatilla no afectó al tiempo de contacto entre clavos y clavos lastrados, pero sí disminuyó en ~ 6 ms con clavos y lastre respecto a las zapatillas de running ($d= 1.10$, efecto grande).

Tabla 2. Tiempo 0-20 m, media de frecuencia y amplitud de zancada y de tiempo de contacto obtenidos con los diferentes tipos de zapatilla analizados (clavos, clavos lastrada y running).

Variable/Zapatilla	Clavos	Clavos lastrada	Running
Tiempo (s)	2.946±0.083*	2.965±0.087	3.014±0.105\$
Frecuencia (Hz)	4.27±0.24	4.25±0.27	4.21±0.20
Amplitud (m)	1.40±0.07	1.40±0.09	1.38±0.08
T. contacto (s)	0.151±0.010*	0.151±0.013	0.157±0.013\$

*, diferencias significativas entre zapatillas de clavos y running; \$, diferencias significativas entre zapatillas de clavos lastrada y de running (efecto del clavo).

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en la fase de carrera lanzada. El tipo de zapatilla utilizada influyó en el rendimiento en los últimos 20 m ($d= 2.36$, efecto grande), que mejoró en 0.063 s (2.7%) al utilizar zapatilla de clavos respecto a la de running, de los cuales 0.016 s (0.7%) se debieron al peso (clavos lastrada). No se observaron diferencias significativas en la frecuencia ni en la amplitud de zancada, a pesar de obtenerse un efecto moderado en ambas variables ($d= 0.62$ y 0.50 , respectivamente). La zapatilla no afectó al tiempo de contacto entre clavos y clavos lastrados, pero sí disminuyó en ~ 5 ms con clavos y lastre respecto a las zapatillas de running ($d= 1.30$, efecto grande).

Tabla 3. Tiempo 20-40 m, media de frecuencia y amplitud de zancada y de tiempo de contacto obtenidos con los diferentes tipos de zapatilla analizados (clavos, clavos lastrada y running).

Variable/Zapatilla	Clavos	Clavos lastrada	Running
Tiempo (s)	2.265±0.074*	2.281±0.085	2.328±0.089\$
Frecuencia (Hz)	4.29±0.17	4.29±0.19	4.23±0.22
Amplitud (m)	2.09±0.06	2.08±0.07	2.07±0.05
T. contacto (s)	0.112±0.007*	0.112±0.008	0.117±0.008\$

*, diferencias significativas entre zapatillas de clavos y running; \$, diferencias significativas entre zapatillas de clavos lastrada y de running (efecto del clavo).

Las mejoras en el rendimiento de la carrera al comparar los diferentes modelos de zapatillas fueron muy similares en los tramos 0-20 y 20-40 m de carrera (0.068 y 0.063 s al comparar zapatilla de clavos y running, respectivamente) (Figura 8).

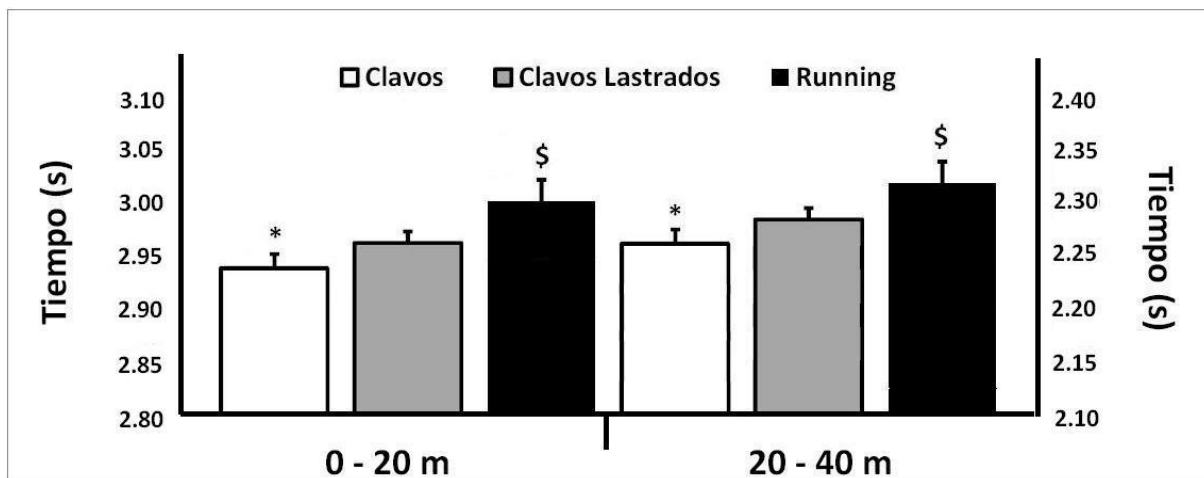


Figura 8.- Comparación entre los tiempos de carrera en las diferentes fases de carrera (aceleración ó 0-20 m, lanzada ó 20-40 m) con los diferentes tipos de zapatillas utilizados (clavos, clavos lastrada y running). Diferencias significativas: *, entre zapatillas de clavos y running; \$, entre zapatillas de clavos lastrada y de running (efecto del clavo).

5. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio ha sido cuantificar, en atletas de cierto nivel de rendimiento, la mejora que se produce en el rendimiento de la carrera de velocidad al utilizar la zapatilla de clavos respecto a una zapatilla convencional (~2.6% en una carrera de 40 m). En esta mejora, el ~ 0.9% se debe al peso menor de las zapatillas de clavos y el ~ 1.7%, se debe a la rigidez de la suela y mayor tracción de los clavos. Estos dos últimos factores proporcionan una mayor fuerza horizontal en cada impulso, lo que posiblemente se tradujo en un aumento de la amplitud de zancada (~ 3 cm). La frecuencia de zancada se mantuvo constante, a pesar de la disminución del tiempo de contacto (~6 ms), porque presumiblemente aumentó el tiempo de vuelo. Las mejoras fueron similares en la fase de carrera de aceleración que lanzada (Figura 8).

Cualitativamente estos resultados son muy similares a los obtenidos en un trabajo anterior realizado con mujeres velocistas, donde la mejora fue del 1.8%, debiéndose un tercio de la misma al peso y dos tercios a la zapatilla (Jiménez, 2015). Cuantitativamente podríamos pensar que un 2.6% de mejora es mayor que un 1.8%, aunque al realizar la comparación estadística (valoración de la influencia del género en la ganancia porcentual) en los diferentes tramos del test de velocidad analizados, no hemos obtenido diferencias estadísticamente significativas (Figura-9). Futuros trabajos con grupos de hombres y mujeres de mayor nivel deben confirmar si estas mejoras son porcentualmente mayores.

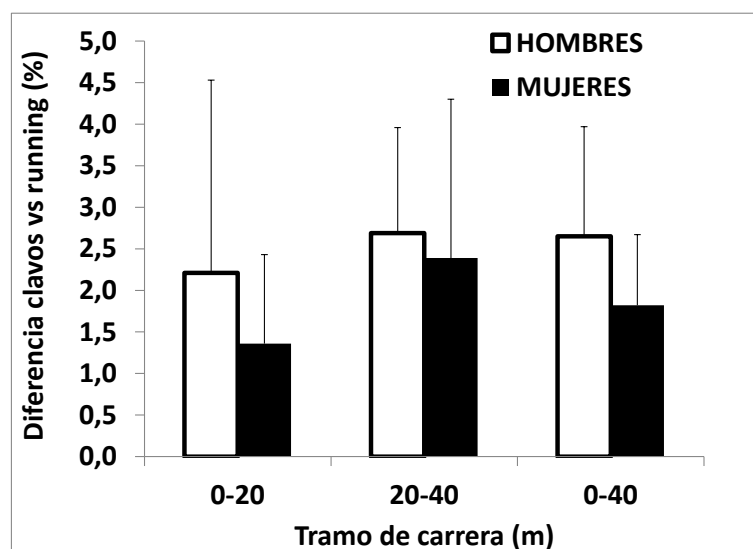


Figura 9.- Diferencias en rendimiento (%) al utilizar las zapatillas de clavos respecto a las zapatillas de running, en los diferentes tramos de carrera. Hombres (n= 9): grupo de velocistas masculinos del presente trabajo. Mujeres (n= 9): grupo de velocistas femeninas del trabajo de Jiménez (2015). Diferencias no significativas.

Las mejoras obtenidas en el presente estudio (2.6%), y las referidas en el trabajo de Jiménez (1.8%, 2015) son menores que el 3.8% encontrado en un estudio anterior sobre una distancia de sprint de 55 m (Smith et al, 2014). Esta mejora es tan elevada debido a que comparó dos situaciones muy extremas (correr descalzo vs zapatilla de clavos), cuando en los trabajos mencionados se ha comparado la situación de calzado (running vs clavos). Al correr descalzo la tracción que el pie realiza con el suelo es pequeña; sin embargo, el uso de clavos aumenta considerablemente la tracción en cada apoyo, lo que determina una fuerza de impulso horizontal mucho mayor, traduciéndose en mayor tiempo de vuelo, que en definitiva permite correr más rápido.

Las tres propiedades del calzado que podrían alterar el rendimiento en el sprint son el peso, la rigidez y la tracción de las zapatillas. Estudios anteriores han manipulado la rigidez, valorando su efecto en una mejora del rendimiento del 1.2% en pruebas de 40 m (Stefanyshyn y Fusco, 2004). Los resultados del presente estudio y del de Jiménez (2015) permiten estimar la influencia del peso entre el 0.6-0.9%. El resto de mejora (hasta el 1.8-2.6%) debería deberse al efecto de la tracción de los clavos, que según los porcentajes mencionados sería menor que el efecto de la rigidez, e incluso podría ser menor que el peso. Recientes trabajos realizados con zapatillas de baloncesto han obtenido que el efecto de la tracción es mayor que el de la rigidez, sin influencia del peso (Worobets y Wannop, 2015). Esto puede deberse a las propias características de estas zapatillas (más pesadas, entre 0.331-0.497 kg) y de la modalidad y velocidad de desplazamiento (más lenta). En el presente trabajo se ha manipulado la tracción y el peso, pero no la rigidez. Por lo tanto, futuros estudios deberían comprobar, de forma aislada, la influencia de la tracción, la rigidez y el peso en el rendimiento en el sprint, de forma similar al trabajo de Worobets y Wannop, (2015) en zapatillas de baloncesto.

La mejora del rendimiento en el sprint se debió fundamentalmente a un moderado efecto combinado de aumento de amplitud y frecuencia de zancada, a pesar de no haberse obtenido diferencias significativas en estas variables, en ninguno de los tramos de carrera analizados (Tablas 1, 2 y 3). Las mejoras en amplitud de zancada y disminución del tiempo de apoyo en el tramo de carrera 0-40 m (Tabla 1) son comparables a las del trabajo de Jiménez (2015), que obtuvo cambios en mujeres de ~2 cm y ~5 ms respectivamente. Los cambios en frecuencia y amplitud de zancada condicionaron que el tiempo de contacto fuera menor (~6 ms) con zapatilla de clavos respecto a la de running, ya que presumiblemente el tiempo de vuelo aumentó para conseguir una mayor amplitud de zancada (~3 cm), y la mayor frecuencia de zancada (~0.06 Hz) disminuyeron el tiempo de apoyo.

Estos resultados son muy similares a los obtenidos en el estudio de Logan et al. (2010), en el que también se obtuvo una disminución del tiempo de contacto de 6 ms en atletas de fondo, al comparar zapatillas de running y de clavos a velocidades submáximas.

En el presente trabajo (Tabla 3) sólo se ha detectado una pequeña diferencia respecto al trabajo de Jiménez (2015), quien no obtuvo apenas cambios en el tiempo de contacto en el tramo de carrera 20-40 m. La justificación puede estar en que los tiempos de contacto de Jiménez (2015) fueron de 111 y 112 ms, mientras que en el presente estudio han sido de 112 y 117 ms, con la zapatilla de clavos y running, respectivamente. Esto podría deberse al peso de las zapatillas de running utilizadas en los chicos, que fue significativamente mayor que en las chicas (0.282 ± 0.032 y 0.241 ± 0.027 kg, respectivamente, $p < 0.01$), sin diferencias significativas en la zapatilla de clavos (0.181 ± 0.022 y 0.170 ± 0.017 kg, respectivamente). Normalmente las zapatillas de running para hombres son más pesadas que para mujeres, aportando mayores propiedades de amortiguación, que podrían haber alargado el tiempo de contacto en la fase de carrera lanzada (20-40 m). Futuros trabajos deberían controlar estrictamente esta variable, homogeneizando las zapatillas de clavos y running utilizadas durante el experimento.

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas en la amplitud de zancada en ninguna de las fases de carrera analizadas (Tablas 1, 2 y 3) puede deberse a la metodología empleada para registrar esta variable (es decir, software de uso libre Kinovea y calibración al centro de la calle). El uso de metodologías más caras y sofisticadas (ej. sistema OptoGait, cámaras de alta resolución y velocidad con filmación de plano transversal) podría haber permitido detectar los cambios en esta variable con mayor sensibilidad. Por lo tanto, las principales limitaciones del presente trabajo han sido: a-No realizar un diseño metodológico que permitiera distinguir entre el efecto de la rigidez y de la tracción al utilizar la zapatilla de clavos. b-No utilizar zapatillas de running ni de clavos estándares para todos los velocistas (sí una longitud de clavos estándar de 6 mm). c-No utilizar un método con suficiente sensibilidad para detectar cambios de 2-3 cm en la amplitud de zancada. Futuros trabajos deben mejorar los aspectos comentados.

6. CONCLUSIONES, APLICACIONES Y PERSPECTIVAS

El presente trabajo es el segundo que se realiza en la Universidad de León acerca del análisis del efecto de utilizar zapatillas de clavos en el rendimiento de la carrera de velocidad de 0-40 m, cifrándose en ~2.6%. Esta mejora se debió fundamentalmente al efecto de los clavos (dos tercios), pero también al efecto del peso (un tercio), lo cual coincide con los hallazgos anteriores. Igualmente, el rendimiento aumentó de forma similar en las fases de carrera de aceleración (0-20 m) y lanzada (20-40 m). Las variables biomecánicas que se modificaron fueron la amplitud de zancada (aumentó ~3 cm) y el tiempo de apoyo (disminuyó ~6 ms), sin cambios en la frecuencia de zancada.

Los atletas de velocidad que utilizan zapatillas de clavos deben seleccionar su calzado primando fundamentalmente la rigidez y el agarre o tracción, y de forma secundaria el peso. Principalmente deben escoger unas zapatillas con gran rigidez, ya que la tracción está muy condicionada por la longitud de los clavos, que está limitada por el reglamento. Cada vez hay más modelos de zapatillas de clavos que combinan una gran rigidez y muy bajo peso para velocistas. Igualmente, se deberían hacer valoraciones individuales, ya que siguiendo las conclusiones de estudios previos, y a partir del análisis individual que puede hacerse de los resultados del presente trabajo, dependiendo del perfil de atleta (peso, fuerza muscular, etc.) es posible que sea capaz de aprovecharse, en mayor o menor medida, de una de las características comentadas.

Futuros trabajos con hombres y mujeres de igual y superior nivel son necesarios para dilucidar si el aprovechamiento de los clavos depende del nivel de rendimiento. Igualmente se necesita un protocolo metodológico más preciso para detectar y medir cambios pequeños en la amplitud de zancada y el tiempo de contacto, utilizando instrumentos de medición más sofisticados. Si los fines son de investigación, también se deben estandarizar los modelos de zapatillas utilizados en el experimento, para evitar diferencias individuales debidas al calzado. Finalmente, se deben diferenciar y estudiar por separado todas las propiedades del calzado que condicionan el rendimiento en el sprint: tracción, rigidez y peso.

7. BIBLIOGRAFÍA

García-López, J., Morante, J. C., Ogueta-Alday, A. C., González-Lázaro, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., & Villa, G. (2012). El uso de fotocélulas de haz simple y doble para medir la velocidad en carreras. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 8(30), 324-333.

Jiménez, A. (2015). *Análisis biomecánico del efecto de las zapatillas de clavos de velocidad en el rendimiento.* [Trabajo final de grado]. Universidad de León.

Logan, S., Hunter, I., Hopkins, J. T., Feland, J. B., & Parcell, A. C. (2010). Ground reaction force differences between running shoes, racing flats, and distance spikes in runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(1), 147-153.

Majumdar, A., & Robergs, R. (2011). The science of speed: Determinants of performance in the 100 m sprint. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 6(3), 479-494.

Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine*, 13(6), 376-392.

Mohr, M., Trudeau, M. B., Nigg, S. R., & Nigg, B. M. (2016). Increased Athletic Performance in Lighter Basketball Shoes: Shoe or Psychology Effect?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 74-79.

Ogueta-Alday, A. (2014). *Adaptación, validación y aplicación de una nueva tecnología para valorar la biomecánica de la carrera de resistencia.*[Tesis doctoral]. Universidad de León.

Smith, G., Lake, M., & Lees, A. (2014). Metatarsophalangeal joint function during sprinting: A comparison of barefoot and sprint spike shod foot conditions. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(2):206-212.

Stefanyshyn, D., & Fusco, C. (2004). Increased shoe bending stiffness increases sprint performance. *Sports Biomechanics*, 3(1), 55-66.

Theophilos, P., Nikolaos, M., Kiriakos, A., Athanasia, S., Michail, P., & Spiros, K. (2014). Evaluation of sprinting performance in adolescent athletes with running shoes, spikes and barefoot. *Journal of Physical Education and Sport*, 14(4), 593-598.

Toon, D., Williams, B., Hopkinson, N., & Caine, M. (2009). A comparison of barefoot and sprint spike conditions in sprinting. *Journal of Sports Engineering and Technology*, 223(2), 77-87.

Worobets, J., & Wannop, J. W. (2015). Influence of basketball shoe mass, outsole traction, and forefoot bending stiffness on three athletic movements. *Sports Biomechanics*, 14(3), 351-360.

Zingsem, C., Gutiérrez-Dávila, M., & Rojas, F. J. (2014). Effect of the type of footwear on biomechanical parameters in the foot contact phase in middle-distance runners. *European Journal of Human Movement*, 20(33), 79-92.

ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado para realizar una prueba de velocidad en pista



universidad
de león



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE VELOCIDAD EN PISTA

El objetivo del estudio es conocer por qué el uso de zapatillas de clavos en pruebas de velocidad de atletismo mejora el rendimiento, en el marco del trabajo de fin de grado titulado “Análisis biomecánico del efecto de las zapatillas de clavos de atletismo en el rendimiento”. La prueba consistirá en correr a máxima velocidad tres series de 40 m. Cada una de las cuales se correrá con un tipo de calzado (zapatillas de clavos, zapatillas de entrenamiento y zapatillas de clavos lastradas con plomo hasta obtener el peso de las zapatillas de entrenamiento). Para la toma de datos se usarán cuatro parejas de fotocélulas y tres cámaras que grabarán desde diferentes posiciones. La prueba se desarrollará el viernes 27 de Noviembre de 2015, en el módulo cubierto de atletismo en las pistas Purificación Santamarta del Complejo Deportivo San Amaro en Burgos.

El atleta autoriza a los investigadores a utilizar los datos de sus pruebas para ser tratados exclusivamente con fines de investigación, preservando siempre su derecho al anonimato, y cumpliendo con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de Diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. A cambio, los beneficios que el atleta obtendrá del estudio serán: a- Conocer y cuantificar su velocidad; b- Aproximarse al conocimiento de cómo afecta el uso de clavos de atletismo al rendimiento.

El atleta debe ser consciente de que la prueba exige un esfuerzo supramáximo, pudiendo implicar algún tipo de lesión muscular similares a las que se pueden dar en entrenamientos o competiciones.

Siendo conocedor de los posibles riesgos, ya que habitualmente entrena en parámetros similares, el atleta exime a los responsables del estudio de cualquier responsabilidad derivada de la misma.

La participación en el estudio es de carácter voluntario, y existe posibilidad de retirarse de la misma en cualquier momento.

El profesor responsable del trabajo de fin de grado es el Dr. Juan García López, el cual se compromete a informar y contestar a todas las dudas y preguntas de los participantes.

CONSENTIMIENTO MENORES DE EDAD

Yo, D/Dña., con DNI
..... padre/madre o tutor legal de D/Dña.
....., con DNI..... doy

mi consentimiento para que mi hijo participe en una prueba de velocidad en pista.
Se me ha facilitado la precedente hoja informativa y habiendo comprendido el
procedimiento y los riesgos inherentes al mismo, declaro estar debidamente informado,
por lo tanto, eximo de cualquier responsabilidad a los responsables del estudio.

Burgos, a de Noviembre de 2015

Padre/Madre/Tutor legal:

Fdo:

CONSENTIMIENTO MAYORES DE EDAD

Yo, D/Dña con DNI
..... doy mi consentimiento para participar en una prueba de velocidad
en pista.

Se me ha facilitado la precedente hoja informativa y habiendo comprendido el
procedimiento y los riesgos inherentes al mismo, declaro estar debidamente informado
y acepto participar libre y voluntariamente en el presente estudio. Comprendo que
puedo retirarme de la prueba en cualquier momento, por lo tanto, eximo de cualquier
responsabilidad a los responsables del estudio.

Burgos, a de Noviembre de 2015

Deportista:

Fdo:

Anexo 2: Cuestionario para atletas



universidad
de león



FCAFD

Estudio biomecánico en atletas de velocidad - Burgos

**Obligatorio*

Datos personales

Lee detenidamente el cuestionario y contesta verazmente

Apellidos, Nombre *

DNI *
Ejemplo: 11111111P

Edad *

Peso *
Kg

Altura *
Metros

Talla de pie *

Teléfono de contacto *

Club *

Categoría *

Años de experiencia en atletismo *

Prueba especialidad *
Puedes marcar más de una si fuera necesario

- 60 ml
- 100 ml
- 110 mv
- 200 ml
- 400 ml
- 400 mv
- Otras

Si en la pregunta anterior has marcado "Otras", indica cuáles.

Mejor Marca Personal (MMP) en las pruebas que has marcado anteriormente

Mejor marca de la temporada pasada en las pruebas que competiste

Modelo de zapatilla running a utilizar en el estudio *

Modelo de zapatilla de clavos a utilizar en el estudio *

El atleta autoriza a los investigadores a utilizar los datos de sus pruebas para ser tratados exclusivamente con fines de investigación, preservando siempre su derecho al anonimato, y cumpliendo con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de Diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal *

- Sí
 No

Enviar

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Anexo 3: Tabla de datos de la fase experimental

ATLETA	NOMBRE	PESO RUNNING	PESO CLAVOS	LASTRE NECESARIO	ORDEN	SERIE 1			SERIE 2			SERIE 3		
						0-20	20-40	0-40	0-20	20-40	0-40	0-20	20-40	0-40
Atleta 1	Alvar S.	450 g	340 g	110 (60) g	C-L-R	3.039	2.318	5.357	3.069	2.338	5.407	3.088	2.374	5.462
Atleta 2	Álvaro S.	560 g	320 g	240 (130) g	R-C-L	3.084	2.509	5.593	3.107	2.37	5.477	3.129	2.457	5.586
Atleta 3	Junior	590 g	420 g	170 (80) g	C-R-L	2.725	2.149	4.874	2.915	2.213	5.128	2.828	2.144	4.972
Atleta 4	Jesús G.	660 g	430 g	230 (100) g	C-R-L	2.901	2.213	5.114	2.963	2.265	5.228	2.917	2.281	5.198
Atleta 5	Mario J.	500 g	310 g	190 (100) g	R-L-C	2.945	2.202	5.147	2.92	2.196	5.116	2.93	2.164	5.094
Atleta 6	Luis M.	640 g	360 g	280 (130) g	L-C-R	2.949	2.253	5.202	2.932	2.241	5.173	2.989	2.332	5.321
Atleta 7	Álvar G.	540 g	370 g	170 (80) g	L-C-R	3.015	2.342	5.357	2.952	2.36	5.312	3.019	2.398	5.417
Atleta 8	Álvaro G.	570 g	320 g	250 (130) g	L-R-C	2.893	2.263	5.156	2.874	2.359	5.233	2.847	2.282	5.129
Atleta 9	Fernando R.	560 g	380 g	180 (80) g	R-C-L	3.242	2.301	5.543	2.978	2.284	5.262	2.969	2.284	5.253

Anexo 4: Modelo de informe entregado a los participantes tras la investigación



Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
UNIVERSIDAD DE LEÓN



ANÁLISIS BIOMECÁNICO: EFECTO DE LAS ZAPATILLAS DE CLAVOS EN EL RENDIMIENTO DE VELOCISTAS MASCULINOS

Fecha: 27/11/15

NOMBRE: ATLETA 1 TALLA: 169 cm EDAD: XX años
 PESO: 63 kg PRUEBA: 60 m, 100 m y 200 m. IMC: 22,1
 PESO ZAPATILLA RUNNING: 295 g PESO ZAPATILLA CLAVOS: 210 g

DESCRIPCIÓN:

La prueba consiste en realizar 3 sprints a máxima velocidad sobre una distancia de 40 metros. En cada una de las tentativas el corredor utiliza un calzado diferente: zapatillas de atletismo convencional (running), zapatilla de clavos y zapatilla de clavos lastrada con plomo hasta alcanzar el peso de las zapatillas convencionales. El orden de utilización de cada tipo de zapatilla es aleatorio.

DATOS DE LA PRUEBA ATLETA 1

	TIEMPO (s)		
	0-20	20-40	0-40
Clavos	2.725	2.149	4.874
Lastre	2.828	2.144	4.972
Running	2.915	2.213	5.128

	Tramo 0-10 m		
	Amplitud de zancada (cm)	Frecuencia de zancada(Hz)	Tiempo de contacto (ms)
Clavos	137.88	4.53	139
Lastre	134.97	4.46	133
Running	127.64	4.50	135
	Tramo 30-40 m		
	Amplitud de zancada (cm)	Frecuencia de zancada(Hz)	Tiempo de contacto (ms)
Clavos	212.60	4.53	99
Lastre	218.10	4.34	102
Running	206.20	4.51	110

Conclusiones e indicaciones:

Los datos registrados durante la prueba indican que el atleta consigue el mejor rendimiento con las zapatillas de clavos, seguido de los clavos lastrados y de las zapatillas de running.

En el tramo 0-10 m, el atleta consigue correr con mayor frecuencia y zancada utilizando las zapatillas de clavos. Sin embargo el tiempo de contacto de las zapatillas de clavos fue mayor respecto a las otras zapatillas. En el tramo final (30-40 m) consigue mantener la frecuencia de zancada aumentando la amplitud y reduciendo el tiempo de contacto con las zapatillas de clavos. La suma de estos factores hace que el deportista consiga los mejores registros de la prueba. Sería interesante disminuir el tiempo de los apoyos en los 10 primeros metros para mejorar el rendimiento.