

## CORRELACIONES DE LA PRESIÓN PLANTAR CON FACTORES INDIVIDUALES EN EL SCRUM DE RUGBY

### PLANTAR PRESSURE CORRELATIONS WITH INDIVIDUAL FACTORS IN RUGBY SCRUM

Recibido el 15 de octubre de 2021 / Aceptado el 19 de febrero de 2022 / DOI: 10.24310/riccafd.2022.v11i1.13690  
Correspondencia: Irene Jiménez Pérez. [i.jimenez.gibd@gmail.com](mailto:i.jimenez.gibd@gmail.com)

**Ferrer-Pardo, V.R.,<sup>1ABCD</sup>; Sanchís Sanz, C.,<sup>2AD</sup>; Jimenez-Perez, I.,<sup>3AD</sup>**

<sup>1</sup>Universitat de València, España, [vicfepar@alumni.uv.es](mailto:vicfepar@alumni.uv.es)

<sup>2</sup>Universidad Católica de Valencia, España, [carlos.sanchis@ucv.es](mailto:carlos.sanchis@ucv.es)

<sup>3</sup>Universitat de València, España, [i.jimenez.gibd@gmail.com](mailto:i.jimenez.gibd@gmail.com)

#### Responsabilidades

<sup>A</sup>Diseño de la investigación, <sup>B</sup>Recolector de datos, <sup>C</sup>Redactor del trabajo, <sup>D</sup>Tratamiento estadístico, <sup>E</sup>Apoyo económico, <sup>F</sup>Idea original y coordinador de toda la investigación.

#### ■ RESUMEN

La presión plantar está relacionada con lesiones en las extremidades inferiores, pudiendo ser influida por ciertos factores individuales. Sin embargo, las presiones de acciones complejas pero importantes en deportes de equipo, como el scrum del rugby, todavía no han sido analizadas. El objetivo del estudio fue examinar si existe relación entre la presión plantar y factores individuales como la edad, la altura, el peso o la talla del pie durante el gesto del scrum de rugby. Se registraron las presiones plantares de 24 hombres y 20 mujeres, todos jugadores de rugby sanos, mediante el sistema BioFoot®, durante diversas situaciones de scrum. Se hallaron correlaciones positivas con el peso, la altura y la talla del pie ( $r$  de pearson  $>0,33$  y  $p < 0,05$ ), sobre todo en la zona del antepié y los dedos. Estos resultados pueden servir para entender mejor el comportamiento de la presión plantar en un gesto hasta ahora no estudiado.

#### ■ PALABRAS CLAVE

presión plantar, rugby, scrum.



## ■ ABSTRACT

Plantar pressure is related to injuries in the lower extremities and can be influenced by certain individual factors. However, the pressures of complex but important actions in team sports, such as rugby scrum, have not yet been analyzed. The aim of the study was to examine whether there is a relationship between plantar pressure and individual factors such as age, height, weight or foot size during the rugby scrum gesture. The plantar pressures of 24 men and 20 women, all healthy rugby players, were recorded using the BioFoot® system, during various scrum situations. Positive correlations were found with weight, height and foot height (pearson  $r > 0.33$  and  $p < 0.05$ ), especially in the forefoot and toes area. These results can serve to better understand the behavior of plantar pressure in a gesture that has not been studied so far.

## ■ KEY WORDS

plantar pressure, rugby, scrum.

## ■ INTRODUCCIÓN

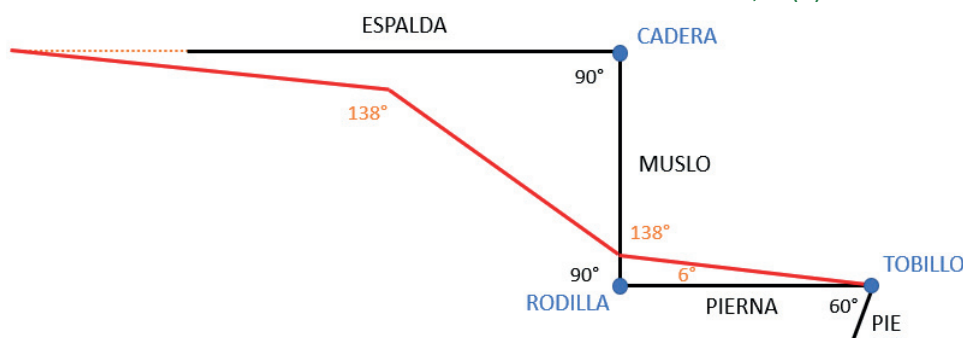
Debido a la tercera ley de Newton y el principio de acción-reacción, cuando una persona apoya el pie en el suelo (para hacer cualquier acción) aparecen fuerzas recíprocas entre la persona y el suelo. De esta forma la persona ejerce sobre el suelo una fuerza que dependerá de su propio peso y del tipo de movimiento que realice, y el suelo ejercerá en ese instante una fuerza igual pero de sentido contrario denominada fuerza de reacción (1-3). La medición de estas fuerzas es fundamental para comprender la distribución de las presiones que se ejercen sobre la planta del pie. La baropodometría es una herramienta que permite explorar el comportamiento de la huella plantar. Este método identifica los componentes de apoyo y niveles de presión de la carga en función de las zonas establecidas (4). Una gran presión plantar de forma repetida implica un mayor impacto en las articulaciones adyacentes de rodilla y cadera, pudiendo causar lesiones por sobreuso o repetición a causa de la acumulación de estos microimpactos (5). También se conoce que cambios en la presión plantar inducidos por la fatiga y mantenidos en el tiempo pueden conducir a diversas lesiones por sobreuso y fracturas por estrés, debidas a la pérdida de técnica de movimiento y la alteración del patrón de presión óptimo (6). En este sentido, el análisis de la presión plantar es importante para el diagnóstico y el tratamiento de diferentes patologías (7).

En los deportes de equipo, la mayoría de las situaciones que ocurren se producen en una situación de bipedestación, con uno



o los dos pies en apoyo sobre el suelo. En este caso, el análisis de la presión plantar proporciona además tanto información acerca del esquema corporal (8, 9) como información acerca del rendimiento de la persona (10). Hay pocas investigaciones que hayan tratado sobre la presión plantar en el rugby, centrándose sobre todo en la acción de la carrera (11). Sin embargo, se han dejado otras fases del juego muy importantes sin analizar, como es el caso del scrum. El scrum de rugby es un componente fundamental de este deporte. Es la fase en la que se reinicia el juego tras una infracción por falta o fallo rival, la cual consiste en una formación organizada de 8 jugadores por parte de cada equipo, en la que ambos compiten por la posesión del balón (12, 13). Representa tanto una poderosa habilidad ofensiva que proporciona una base para lanzar ataques, como una defensiva, que tiene como objetivo interrumpir la posesión del oponente. Dada su intensa naturaleza física y la presencia de impactos, el scrum puede generar demandas biomecánicas muy altas en las estructuras musculoesqueléticas de los jugadores y, por lo tanto, puede exponer a los jugadores al riesgo de lesiones tanto agudas como crónicas (por sobreuso) (12, 13). Si bien los scrums pueden estar asociadas a una serie de posibles factores de riesgo de lesiones, actualmente hay muy pocos datos cuantitativos obtenidos científicamente que intenten identificarlos y describirlos. Existe una falta de información sobre las fuerzas y movimientos involucrados en el scrum real y, en consecuencia, poco conocimiento objetivo sobre cómo se puede optimizar el rendimiento y prevenir las lesiones (13).

La capacidad de aplicación de fuerza contra el suelo y contra el equipo rival durante esta fase puede ser de gran interés para jugadores y entrenadores, por la ventaja táctica que conlleva (12, 14). La escasa literatura científica refleja que las articulaciones más implicadas en el empuje (cadera y rodilla) deberían posicionarse en una flexión de  $90^\circ$  para maximizar su eficiencia en el empuje. El tronco debe quedar en una posición neutra, fuerte y estable, y tener una coordinación de diversos patrones motores para evitar lesiones. Además, los hombros siempre tienen que estar alineados (o más altos) que las caderas, evitando que el empuje sea hacia abajo y eso ocasione un hundimiento del scrum (15). La posición de los pies es personal y depende de cada jugador, pero se recomienda una dorsiflexión de aproximadamente  $60^\circ$  (16). Una menor dorsiflexión puede alterar el resto de la estructura corporal (17), empeorando la posición técnica ideal para el empuje (Figura 1) (18). Con esta dorsiflexión de tobillo, la mayor parte de la presión del pie recae sobre el antepié, zona desde la que parten las fuerzas de empuje.



**Figura 1:** Imagen corporal de la posición anatómica de empuje de scrum (negro: posición en el punto de partida, rojo: posición tras empuje hacia adelante).

Las diferencias en las estructuras anatómicas y las características antropométricas individuales provocan diferencias tanto en la cinemática como en la cinética del movimiento de las extremidades inferiores (19-24). Por ello, es posible que ciertos factores individuales tales como la edad, la altura, el peso o la talla del pie puedan influir en la presión plantar, en este caso de jugadores de rugby durante un scrum, y puedan ayudar a entender el desarrollo de patologías en este deporte. La influencia de estos factores en este gesto en concreto del scrum no se ha estudiado, pero sí que existen ciertas evidencias científicas que apuntan a que puede haber relación entre el peso (25, 26), la altura (27) y la talla del pie (21) con la presión plantar en general, por lo que se hipotetiza que estas relaciones también pueden darse en este gesto deportivo.

En este sentido, el objetivo del presente estudio fue estudiar si existe una relación entre la presión plantar y ciertos factores individuales como la edad, la altura, el peso o la talla del pie durante el gesto del scrum de rugby.

## ■ MATERIAL Y MÉTODOS

### Participantes

La población de estudio fueron jugadores/as de rugby amateurs de categoría regional, nacionalidad española y edades entre los 13 y 45 años. Así, la muestra estuvo compuesta por 44 deportistas (20 mujeres y 24 hombres; edad =  $22 \pm 6$  años; altura =  $1,70 \pm 0,10$  m; peso =  $76,6 \pm 20,4$  kg; talla del pie =  $41 \pm 3$ ).

Los criterios de inclusión y exclusión fueron:

- Criterios de inclusión: jugadores/as de rugby sanos, que jugaran en la posición de 1ª, 2ª o 3ª línea, se encontraran dentro del rango de edad establecido (13 - 45 años) y jugaran a rugby a nivel amateur.



- Criterios de exclusión: jugadores/as lesionados o en proceso de recuperación, que hubieran tenido una lesión grave en el último año y que no se encontraran dentro del rango de edad establecido.

Todos los participantes fueron completamente informados sobre el protocolo, las sesiones experimentales, la importancia de su implicación en las sesiones y los riesgos/beneficios asociados a la práctica de actividad física, y firmaron un consentimiento informado previo a su participación en el proyecto. Este estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad (UCV/2020-2021/172), cumpliendo con los requisitos establecidos en la declaración de Helsinki.

### Protocolo

Cada participante realizó una única sesión de medición. En primer lugar, se preguntó por la edad y la talla del pie. Luego, se pesó y midió la altura a los deportistas siguiendo el protocolo de Norton and Olds (28). Para el peso se utilizó una balanza con un error de medida de 100 g, tomándose la medida con la mínima ropa posible. La estatura se midió mediante un tallímetro, situando al jugador con los pies juntos, los talones, glúteos y la parte superior de la espalda tocando el tallímetro, y la cabeza colocada en el plano de *Frankfort* (que es el plano en el que el borde inferior de la cuenca del ojo está en línea horizontal con la muesca superior del tragus del oído). Esta posición debía mantenerse durante todo el proceso de medición, tomándose la medida en el punto más alto de la cabeza durante una inspiración profunda. Ambas mediciones se realizaron siempre a las 20:00 h, realizando las mediciones en un mismo lugar y hora y con el mismo explorador, tal y como recomienda la bibliografía (29).

A continuación, todos los jugadores realizaron un calentamiento específico y estandarizado, establecido en base al Programa de Ejercicios para Prevención de lesiones de World Rugby™ ACTIVATE (30). Este calentamiento consistió en una primera parte de movilidad y activación muscular. Posteriormente se realizaron ejercicios de aceleraciones, deceleraciones y cambios de direcciones. Finalmente se pasó a un calentamiento más específico donde se trabajó en posición de scrum, y se enfatizó en trabajo de estabilidad estática y dinámica lumbo-pélvica y activación de la musculatura del core y del cuello.

Una vez finalizado el calentamiento, se dio un tiempo de descanso de 5 min a los jugadores mientras se les explicaba la prueba a realizar, para que pudieran realizar las mediciones sin cansancio. A continuación, los jugadores realizaron diversos scrums. En cada scrum se midió a un jugador y cada jugador realizó dos repeticiones de la actividad. El





tiempo de medición fue de 10 s, que es aproximadamente el tiempo que transcurre en un scrum desde la entrada de los jugadores hasta que el balón queda libre y los jugadores se separan.

### Procedimiento

Para el análisis de la presión plantar se utilizó el sistema de medición plantar BioFoot® (IBV, Valencia, España). BioFoot® es un sistema para el calzado que mide la presión plantar en la interfaz entre el zapato y el pie. Consiste en un par de plantillas de poliéster flexibles y delgadas (0,7 mm), cada una de las cuales contiene 64 sensores piezoeléctricos de 0,5 mm de espesor y 5 mm de diámetro. Las plantillas están disponibles en diferentes tamaños, lo que permite una buena combinación con la superficie del zapato independientemente de su talla. Estas plantillas están conectadas a un amplificador que queda sujeto en cada tobillo, y que a su vez se conectan a un módulo de transmisión que se coloca en la cintura del participante mediante un cinturón. Los datos se envían desde el amplificador para ser registrados en una computadora y luego procesados por un programa que muestra los parámetros de presión, tiempo de contacto y cadencia. El sistema utiliza las unidades de kilopascasles ( $1 \text{ kPa} = 1/98 \text{ kg} / \text{cm}^2$ ). La frecuencia de muestreo fue de 200 Hz, tomándose registros de 10 s, como se ha explicado anteriormente. (31). Debido a las limitaciones de material, se decidió analizar únicamente la presión sobre el pie dominante. Se estableció el pie dominante de cada deportista según el procedimiento científicamente validado de van Melick, Meddeler (32), es decir, preguntándole al deportista que con qué pierna chutaría un balón. Los deportistas llevaron su propio calzado para la realización de la prueba. Sin embargo, a pesar de esta diferencia de zapatillas, todos los deportistas realizaron la medición con botas multitacos relativamente similares en diseño.

La planta del pie se dividió en 9 zonas, siguiendo la división de Huang y colaboradores (33). Esta división puede observarse en la Figura 2. Las variables analizadas para cada zona fueron las presiones máximas y las presiones medias máximas.

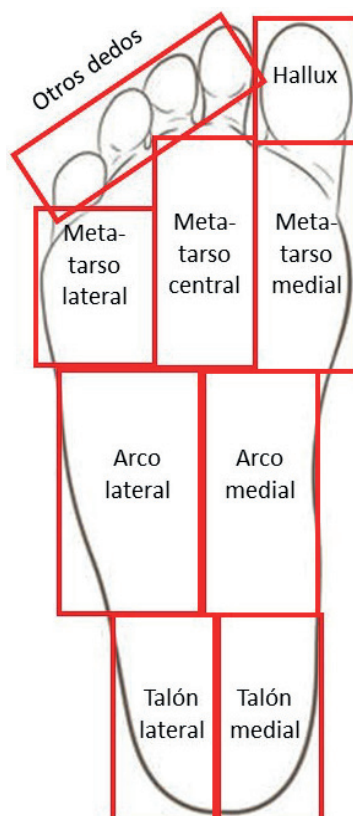


Figura 2: Los nueve segmentos en los que se ha dividido el pie.

### Análisis estadístico y tratamiento de datos

Las variables fueron reunidas en una hoja de cálculo Excel y procesadas estadísticamente mediante el programa estadístico SPSS 26 (SPSS Inc., Chicago, IL). Se establecieron correlaciones entre las variables cuantitativas controladas (edad, peso, altura y talla del pie) y los patrones de presión plantar. Estas correlaciones se establecieron a partir de las correlaciones bivariadas de Pearson. Las correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) fueron clasificadas como débiles ( $\pm 0.2 < r < \pm 0.5$ ), moderadas ( $\pm 0.5 \leq r < \pm 0.8$ ), o fuertes ( $r \geq \pm 0.8$ ) (34).

### ■ RESULTADOS

A continuación, en las tablas 1 y 2 se pueden observar las correlaciones de Pearson halladas entre la edad, el peso, la altura y la talla del pie con las presiones máximas (Tabla 1) y medias máximas (Tabla 2). Se destacan en **negrita** las correlaciones significativas.



**Tabla 1: Coeficiente de correlación (r de Pearson) y Significación bilateral (p-valor) entre edad, peso, altura y talla del pie y las presiones máximas en las nueve zonas del pie estudiadas. P Max: presión máxima. H: Hallux o primer dedo, D: Resto de los dedos, MM: Metatarso medial, MC: Metatarso central, ML: Metatarso lateral, AM: Arco medial, AL: Arco lateral, TM: Talón medial, TL: Talón lateral. \* p-valor significativo (p<0.05), \*\* p-valor muy significativo (p<0.01).**

		PMaxH	PMax D	PMax MM	PMax MC	PMax ML	PMax AM	PMax AC	PMax TM	PMax TL
Edad	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	0,02	0,03	<b>0,35</b>	-0,02	-0,04	0,04	0,05	0,04	0,20
	Significación bilateral (p-valor)	0,91	0,86	<b>0,02*</b>	0,91	0,81	0,79	0,76	0,81	0,20
Peso	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	<b>0,36</b>	<b>0,58</b>	0,18	0,07	0,09	0,08	0,01	0,07	0,17
	Significación bilateral (p-valor)	<b>0,02*</b>	<b>&lt;0,01**</b>	0,24	0,67	0,57	0,60	0,96	0,65	0,28
Altura	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	0,20	<b>0,57</b>	0,18	0,04	-0,11	-0,01	0,05	-0,06	<b>0,37</b>
	Significación bilateral (p-valor)	0,20	<b>&lt;0,01**</b>	0,23	0,80	0,48	0,94	0,75	0,69	<b>0,01*</b>
Talla pie	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	<b>0,31</b>	<b>0,55</b>	0,15	0,07	0,05	0,03	-0,03	-0,06	<b>0,31</b>
	Significación bilateral (p-valor)	<b>0,04*</b>	<b>&lt;0,01**</b>	0,33	0,64	0,75	0,84	0,87	0,70	<b>0,04*</b>

**Tabla 2: Coeficiente de correlación (r de Pearson) y Significación bilateral (p-valor) entre edad, peso, altura y talla del pie y las presiones medias máximas en las nueve zonas del pie estudiadas. P Med Max: presión media máxima. H: Hallux o primer dedo, D: Resto de los dedos, MM: Metatarso medial, MC: Metatarso central, ML: Metatarso lateral, AM: Arco medial, AL: Arco lateral, TM: Talón medial, TL: Talón lateral. \* p-valor significativo (p<0.05), \*\* p-valor muy significativo (p<0.01).**

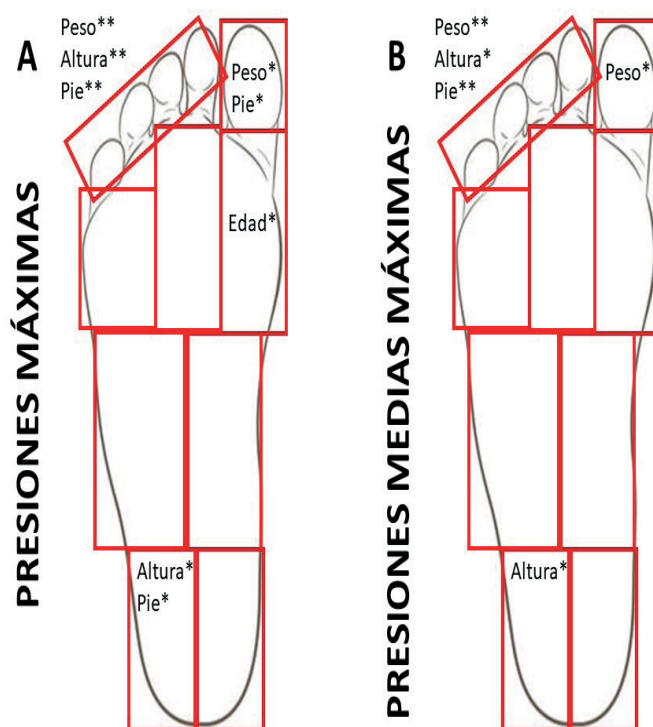
		PMedMaxH	PMedMax D	PMedMax MM	PMedMax MC	PMedMax ML	PMedMax AM	PMedMax AL	PMedMax TM	PMedMax TL
Edad	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	0,04	0,10	0,22	0,11	-0,08	0,02	0,01	0,05	0,15
	Significación bilateral (p-valor)	0,80	0,53	0,16	0,48	0,62	0,90	0,96	0,77	0,32
Peso	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	<b>0,33</b>	<b>0,53</b>	-0,04	0,02	-0,03	0,07	0,13	0,02	0,21
	Significación bilateral (p-valor)	<b>0,03*</b>	<b>&lt;0,01**</b>	0,81	0,89	0,84	0,65	0,42	0,89	0,18
Altura	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	0,14	<b>0,48</b>	-0,10	-0,15	-0,28	-0,07	0,07	0,09	<b>0,33</b>
	Significación bilateral (p-valor)	0,35	<b>&lt;0,01**</b>	0,50	0,34	0,07	0,64	0,65	0,56	<b>0,03*</b>
Talla pie	Coeficiente de correlación (r de Pearson)	0,26	<b>0,54</b>	-0,17	-0,08	-0,12	0,02	0,08	0,04	0,26
	Significación bilateral (p-valor)	0,09	<b>&lt;0,01**</b>	0,29	0,60	0,43	0,90	0,60	0,78	0,09

En el caso de la edad, se encontró una correlación débil entre la edad y la presión máxima en el metatarso medial ( $r(42) = 0,35$ ;  $p = 0,02$ ), pero no se encontró correlación con la presión media máxima ( $p = 0,15$ ). Respecto al peso, se encontraron correlaciones débiles entre el peso y la presión máxima en el hallux ( $r(42) = 0,36$ ;  $p = 0,02$ ) y la presión media





máxima del hallux ( $r(42) = 0,33$ ;  $p = 0,03$ ). En el peso, también se encontraron correlaciones moderadas entre el peso y la presión máxima del resto de los dedos ( $r(42) = 0,58$ ;  $p < 0,01$ ), y entre el peso y la presión media máxima del resto de los dedos ( $r(42) = 0,53$ ;  $p < 0,01$ ). En el caso de la altura, se halló una correlación moderada con la presión máxima del resto de los dedos ( $r(42) = 0,57$ ;  $p < 0,01$ ) y una correlación débil con la presión media máxima ( $r(42) = 0,48$ ;  $p < 0,01$ ). En el talón lateral también se hallaron correlaciones entre la altura y la presión máxima y la presión media máxima ( $r(42) = 0,37$ ;  $p = 0,01$ ) y ( $r(42) = 0,33$ ;  $p = 0,02$ ), respectivamente. Por último, se observaron correlaciones débiles entre la talla de calzado con las presiones máximas en hallux ( $r(42) = 0,31$ ;  $p = 0,04$ ) y en talón lateral ( $r(42) = 0,31$ ;  $p = 0,04$ ), y moderadas en el resto de los dedos ( $r(42) = 0,55$ ;  $p < 0,01$ ). También se hallaron correlaciones moderadas entre la talla de calzado y la presión media máxima en el resto de los dedos ( $r(42) = 0,54$ ;  $p < 0,01$ ) (presiones máximas y media máxima, respectivamente). En la Figura 3 se muestra un resumen de estos resultados.



**Figura 3:** Resumen de las correlaciones observadas en las diferentes zonas del pie. Figura A Presiones máximas. Figura B Presiones medias máximas (\* correlación débil ( $\pm 0,2 < r < \pm 0,5$ ), \*\* correlación moderada ( $\pm 0,5 \leq r < \pm 0,8$ )).



Todas las correlaciones observadas son positivas, es decir, a mayor altura, peso o talla del pie, mayor presión se ejerce sobre esa zona, tal y como indican los coeficientes de correlación de las Tablas 1 y 2.

## ■ DISCUSIÓN

Durante el gesto de empuje de scrum se produce una gran dorsiflexión del pie (16). En este gesto, el peso corporal se apoya principalmente en la zona del antepié, para posteriormente extender la cadera y la rodilla para efectuar el empuje. Generalmente, las presiones que se muestran en otras zonas se deben a movimientos de recolocación para posteriormente poder volver a empujar. Es por ello lógico que las correlaciones encontradas en este estudio se aprecien mayoritariamente en el antepié y los dedos, ya que, en el resto de zonas, la presión es muy baja en este gesto deportivo.

En el deporte en general, existen ciertas evidencias de que algunos factores individuales pueden estar relacionados con la presión plantar (21, 25-27). No obstante, en la presente investigación, en el caso de la edad no se ha encontrado más que una correlación débil en el área del metatarso medial, y únicamente en la presión máxima. De la falta de resultados en este caso y la falta de literatura científica existente se puede inferir que la edad no es un factor relevante que pueda afectar a la presión plantar en sujetos sanos y en edad joven o adulta. Si bien, durante las etapas de desarrollo en la niñez, es posible que las presiones plantares se vean alteradas (35-37); una vez se llega a la juventud, estos parámetros de presión permanezcan ya estables durante toda la edad adulta.

En relación al peso, éste clásicamente se ha relacionado directamente con presiones plantares superiores (25). El peso corporal explica el 14% de la varianza de las presiones plantares máximas tanto en sujetos sanos como en diabéticos (24). Según algunas investigaciones (38-40), los sujetos con mayor peso corporal tienden a cargar menos el interior de la zona delantera del pie, lo que podría explicar la mayor correlación observada en la parte lateral del antepié respecto a la medial. Este resultado también se observó en el presente estudio, donde se halló una mayor correlación en el área del resto de los dedos que en el área del hallux. Esta débil correlación podría ser causada por una menor presión plantar sobre la zona medial del antepié, como la que muestran estudios previos (38-40).

Respecto a la altura, la evidencia científica es escasa, pero sí que existe un estudio que observó una relación entre la altura y la presión plantar (27). Al igual que en la presente investigación, dicho



estudio mostró la existencia de ciertas correlaciones de la altura con las presiones plantares en el antepié. Estas correlaciones fueron más fuertes en la zona del resto de los dedos, al igual que en el caso de las correlaciones con el peso corporal. Se cree que los sujetos con mayor altura y también los que tienen mayor peso corporal tienen un menor equilibrio, por lo que se ven obligados a ejercer una mayor presión en la zona lateral del antepié para poder reequilibrarse (38-40). Este factor es importante ya que, si los sujetos con mayor peso y altura tienden a ejercer más presión en la zona de los dedos, esta zona podría ser una potencial área de riesgo, ya que no está diseñada para resistir grandes presiones mantenidas en el tiempo.

Por otro lado, se podría pensar que a mayor talla del pie, las presiones plantares se distribuyen más entre todas las zonas y por lo tanto, las presiones plantares serán menores, así como su relación (21). Sin embargo, en el presente trabajo también se han hallado correlaciones en la zona del hallux y del resto de los dedos. En el caso del hallux, esta correlación se ha observado solo en la variable de la presión máxima y es una correlación débil. Sin embargo, en el caso del resto de los dedos, se trata de una correlación moderada, tanto en el caso de la presión máxima como en el caso de la presión media máxima. Esta mayor correlación podría deberse también a que las personas con mayor número de calzado suelen tener una mayor altura y peso (41, 42), tendiendo a ejercer más presión en la zona lateral del antepié que la medial, como se ha comentado anteriormente.

Este estudio de la presión plantar ha logrado profundizar más en un campo hasta ahora desconocido, como es el scrum de rugby. Se ha evidenciado la relevancia de la presión del pie en el antepié durante este gesto deportivo. Este estudio, al igual que el de Priego Quesada et al. (43) (realizado en el pádel) pretende asentar las bases del conocimiento sobre la presión plantar en deportes en los que hasta ahora no se había aplicado, como es el caso del rugby y el pádel.

## ■ LIMITACIONES Y CAMINOS FUTUROS

Durante el desarrollo del estudio se encontraron diversas limitaciones como la evaluación del tipo de pie de cada participante de forma individual (pie cavo, neutro o plano), factor que podría influir a la hora de repartir la presión plantar. Igualmente, las diferencias de nivel deportivo y experiencia deportiva tampoco se pudieron controlar. Se requerirán estudios posteriores para corroborar los resultados obtenidos. Por otro lado, se valoró proporcionar a todos los deportistas el mismo modelo de zapatillas para estandarizar la medida, pero también se tuvo en cuenta que un nuevo modelo de zapatillas al cual no está acostumbrado el



deportista podría ser contraproducente y alterar sus patrones motores (44). Otra limitación del estudio fue el rango de edad de los participantes analizados (13-45 años), pues no será lo mismo evaluar a un jugador/a que se encuentre en plena fase de crecimiento, en comparación con uno/a ya desarrollado. Futuras investigaciones podrían acotar el rango de edad en sus mediciones.

Asimismo, visto los resultados del presente trabajo, futuros estudios deberían investigar estrategias efectivas para reducir las presiones plantares en la zona de los otros dedos, especialmente en aquellas personas de gran talla o peso. Además, resultaría interesante continuar investigando sobre la presión plantar en el rugby (tanto en la fase del scrum como en el resto de fases del juego) ya que estos conocimientos son necesarios para optimizar la prevención, la readaptación de lesiones y la preparación física en este deporte. Igualmente, puede ser de gran interés extender este estudio a diferentes entornos, ligas o países, e incluso a analizar las diferencias entre hombres y mujeres, intentando controlar múltiples variables que puedan afectar al deportista y que este estudio no ha podido tener en cuenta.

El estudio de los factores que pueden tener un efecto en la presión plantar puede ser también interesante de investigar con el objetivo de comparar entre sujetos, para ver si los patrones de presión plantar que muestra un único sujeto corresponden a los que deberían. Asimismo, se podrían utilizar estos datos para el diseño industrial de calzado y la prevención de lesiones, adaptando o creando modelos específicos en función de los factores individuales que se han visto, y evitando el exceso de presión en ciertas zonas que no están diseñadas para soportar una carga excesiva.

## ■ CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio muestran que factores individuales como la altura, el peso y la talla del pie pueden influir en la presión plantar de jugadores de rugby durante el gesto del scrum, concretamente en la zona del antepié y los dedos. Las correlaciones observadas entre estos factores son positivas, por lo que a mayor altura, peso o talla del pie, mayor presión plantar. Sin embargo, la edad del jugador no parece presentar una relación con la presión plantar. Estos resultados pueden ayudar a entender mejor el comportamiento de la presión plantar en este gesto concreto del scrum de rugby.



## ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Encarnación-Martínez A. Análisis biomecánico de la marcha nórdica: efectos de la experiencia y de la velocidad de práctica sobre el patrón de presión plantar, las fuerzas de reacción del suelo y los niveles de impacto [Tesis doctoral]. Valencia: Universitat de València; 2012.
2. Arriscado D, Martínez J. Muscular strength training in young football players. *J. Sport Health Res.* 2017;9(3):329-38.
3. Pedro Núñez Ád. Pliometría contextualizada en el fútbol y el baloncesto. Mejoras esperadas vs reales. *Sportis.* 2016;2(1):36-57.
4. Perdomo, L. R., Yepes, C. A. R., & Vargas, M. E. Alteraciones en la presión plantar posterior a un protocolo de fatiga neuromuscular en máquina isoinercial. *SPORT TK.* 2021;10(2): 61-75.
5. Escamilla-Martínez E, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Sánchez-Rodríguez R, Fernández-Seguín LM. The effect of moderate running on foot posture index and plantar pressure distribution in male recreational runners. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013;103(2):121-5.
6. Willems TM, De Ridder R, Roosen P. The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. *Gait Posture.* 2012;35(3):405-9.
7. Camargo LH, Riaño P, Vázquez R. Visualización de la presión plantar en software libre. En: Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2011; Orlando, Florida ~ EE.UU.: International Institute of Informatics and Systemics; 2011.
8. Derrick TR. The effects of knee contact angle on impact forces and accelerations. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(5):832.
9. Garrick J, Requa R. The epidemiology of foot and ankle injuries in sports. *Clin Podiatr Med Surg.* 1989;6(3):629-37.
10. Bayne H, Kat CJ, editors. Effect of foot position on the compression and lateral force production of a player in a rugby scrum. En: ISBS-Conference Proceedings Archive; 2016.
11. Ripani M, Ciccarelli A, Morini S, Ricciardi G, Michielon G. Evaluation of foot support in rugby players: a baropodometric analysis. *Sport Sci Health.* 2006;1(3):104-8.
12. Kaplan KM, Goodwillie A, Strauss EJ, Rosen JE. Rugby injuries. *Bull Hosp Jt Dis.* 2008;66(2):86-93.
13. Preatoni E, Wallbaum A, Gathercole N, Coombes S, Stokes KA, Trewartha G. An integrated measurement system for analysing impact biomechanics in the rugby scrum. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol.* 2012;226(3-4):266-73.
14. Preatoni E, Cazzola D, Stokes K, England M, Trewartha G. Pre-binding prior to full engagement improves loading conditions for front-row players in contested Rugby Union scrums. *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26(12):1398-407.
15. Hendricks S, Till K, Brown JC, Jones B. Rugby union needs a contact skill-training programme. *Br J Sports Med.* 2017;51(10):829-30.





16. Wu W-L, Chang J-J, Wu J-H, Guo L-Y. An investigation of rugby scrummaging posture and individual maximum pushing force. *J. Strength Cond. Res.* 2007;21(1):251-8.
17. Boland RA, Adams RD. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *J of Physiother.* 2000;46(3):191-200.
18. The MyoQuip Blog. Body height in the rugby scrum: the value of equal hip and knee joint angles [Internet]. Blog TM, editor2006. [cited 2021]. Available from: <http://myoquip.blogspot.com/2006/11/body-height-in-rugby-scrum-value-of.html?m=1>.
19. Chiu M-C, Wang M-J. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. *Gait Posture.* 2007;25(3):385-92.
20. Cho S-H, Park JM, Kwon OY. Gender differences in three dimensional gait analysis data from 98 healthy Korean adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004;19(2):145-52.
21. Chung M-J, Wang M-J. Gender and walking speed effects on plantar pressure distribution for adults aged 20-60 years. *Ergonomics.* 2012;55(2):194-200.
22. Simoneau GG, Hoenig KJ, Lepley JE, Papanek PE. Influence of hip position and gender on active hip internal and external rotation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(3):158-64.
23. Smith LK, Lelas JL, Kerrigan DC. Gender differences in pelvic motions and center of mass displacement during walking: stereotypes quantified. *J Womens Health Gend Based Med.* 2002;11(5):453-8.
24. Kornfeind P, Eckl M, Baca A. A single step analysis of plantar pressure distribution in tennis specific movements. *J J Hum Sport Exerc.* 2019;14(2). Available from: <https://dx.doi.org/10.14198/jhse.2019.142.14>
25. Cavanagh PR, Sims DS, Sanders LJ. Body mass is a poor predictor of peak plantar pressure in diabetic men. *Diabetes care.* 1991;14(8):750-5.
26. Encarnación-Martínez A, Catalá-Vilaplana I, Berenguer-Vidal R, Sanchis-Sanchis R, Ochoa-Puig B, Pérez-Soriano P. Treadmill and Running Speed Effects on Acceleration Impacts: Curved Non-Motorized Treadmill vs. Conventional Motorized Treadmill. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021;18(10):5475.
27. Hsi W-L, Kang J-H, Lai J-S. Distribution of plantar pressure on the second metatarsal head during walking. *J. Formos. Med. Assoc.* 2004;103(7):540-5.
28. Norton K, Olds T. *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses*: UNSW press; 1996.
29. Muñoz-Marín D, Crespo-Coco M, Grijota-Pérez FJ, Iglesias-Sánchez P, Robles-Gil MC. Evaluación antropométrica y de condición física en jugadores de voleibol en edad escolar. Diferencias entre sexos. *Ágora Para Educ Física El Deporte.* 2016;18(1):77-88.
30. World-Rugby. Manual para programas de entrenamiento Activate, Manual. Programa de Ejercicios para Prevención de lesiones de World Rugby™: World Rugby; 2019 [cited 2021 22/07/2021]. Available from: [https://passport.world.rugby/media/niiddaub/activate\\_manual-es-smallest-file-size.pdf](https://passport.world.rugby/media/niiddaub/activate_manual-es-smallest-file-size.pdf).





31. Martínez-Nova A, Cuevas-García JC, Pascual-Huerta J, Sánchez-Rodríguez R. BioFoot® in-shoe system: Normal values and assessment of the reliability and repeatability. *The Foot*. 2007;17(4):190-6.
32. Van Melick N, Meddeler BM, Hoogeboom TJ, Nijhuis-van der Sanden MW, van Cingel RE. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PloS one*. 2017;12(12):e0189876.
33. Huang P, Liang M, Ren F. Assessment of Long-Term Badminton Experience on Foot Posture Index and Plantar Pressure Distribution. *Appl Bionics Biomech*. 2019;2019:1-7.
34. O'Rourke N, Hatcher L, Stepanski EJ. A step-by-step approach to using SAS for univariate & multivariate statistics: SAS institute; 2005.
35. Hennig EM, Staats A, Rosenbaum D. Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults. *Foot Ankle Int*. 1994;15(1):35-40.
36. Stebbins J, Harrington M, Giacomozzi C, Thompson N, Zavatsky A, Theologis T. Assessment of sub-division of plantar pressure measurement in children. *Gait Posture*. 2005;22(4):372-6.
37. Cortes Morales PJ, Dias de Jesus EE, Sierpinski TC. Analysis of Physical Fitness and Anthropometry of Students in School Physical Education. *Education, Sport, Health and Physical Activity (ESHPA)*. 2022;6(1):50-60.
38. Nyska M, McCabe C, Linge K, Laing P, Klenerman L. Effect of the shoe on plantar foot pressures. *Acta Orthop*. 1995;66(1):53-6.
39. Soames R. Foot pressure patterns during gait. *J Biomed Eng*. 1985;7(2):120-6.
40. Stott J, Hutton W, Stokes I. Forces under the foot. *J Bone Joint Surg Am*. 1973;55(2):335-44.
41. Awonuga AO, Merhi Z, Awonuga MT, Samuels T-A, Waller J, Pring D. Anthropometric measurements in the diagnosis of pelvic size: an analysis of maternal height and shoe size and computed tomography pelvimetric data. *Arch. Gynecol. Obstet.*. 2007;276(5):523-8.
42. Robbins LM. Estimating height and weight from size of footprints. *J. Forensic Sci*. 1986;31(1):143-52.
43. Priego Quesada JI, Olaso Melis J, Llana-Belloch S, Pérez Soriano P, Gonzalez Garcia JC, Sanchís Almenara M. Estudio presurométrico y biomecánico del pie en el pádel. *Riccafd Rev Iberoam Cienc Act Física*. 2014;3(1):21-6.
44. Reenalda J, Maartens E, Buurke JH, Gruber AH. Kinematics and shock attenuation during a prolonged run on the athletic track as measured with inertial magnetic measurement units. *Gait Posture*. 2019;68:155-60.