

Acute effects of the use of instep weights on specific coordination in young soccer players Efectos agudos del uso de lastres de empeine en aspectos coordinativos específicos en futbolistas jóvenes

Francisco García Ramos, Jordi Vicens-Bordas, Javier Peña, Albert Altarriba-Bartes
Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña (España)

Resumen. El objetivo principal de este estudio fue investigar los efectos agudos del uso de lastres de empeine (Powerinstep®) en aspectos técnicos de agilidad y precisión en el golpeo de balón en futbolistas de categoría juvenil. Se utilizó un diseño intra-sujetos para evaluar dieciséis ($n=16$) jugadores, todos hombres, de categoría juvenil (media \pm DE; $17,56 \pm 0,51$ años; $179,81 \pm 5,31$ cm; $75,03 \pm 7,92$ kg; $23,17 \pm 1,83$ IMC) en diferentes acciones específicas de fútbol (golpeo y conducción de balón) y cambios de dirección bajo las siguientes condiciones: lastres de 50, 100, 150 gr o sin lastre. No se encontraron diferencias significativas en el test de cambios de dirección entre cargas ni hubo interacción significativa entre el resultado de los test, cargas y el uso del balón. Sí se encontraron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre la realización del test sin balón o con balón. Tampoco hubo diferencias significativas en el golpeo de balón en relación a la precisión entre cargas ($p = 0.72$) pero sí entre zonas ($p < 0.001$). Con relación a la potencia, se encontraron diferencias significativas ($p = 0.008$) entre la ejecución sin lastre y con 50 gr con las cargas de 100 y 150 gr. Estos resultados muestran que el uso de las pesas de empeine tiene diferentes efectos en las acciones técnicas realizadas en el fútbol.

Palabras clave: golpeo de balón, precisión, agilidad, CDD

Abstract. The main objective of this study was to investigate the acute effects of the use of instep weights (Powerinstep®) on technical skills, agility, and kicking accuracy in young soccer players. A within-subjects design was used to evaluate sixteen ($n=16$) young male players (mean \pm SD, 17.56 ± 0.51 years, 179.81 ± 5.31 cm, 75.03 ± 7.92 kg; 23.17 ± 1.83 BMI) in different soccer-specific actions (kicking and guiding the ball) and change of direction under the following conditions: 50, 100, 150 gr or without instep weights (baseline). No significant differences were found in the change of direction test between loads, and there was no significant interaction between the results of the tests, loads and the use of the ball. Significant differences were found ($p < 0.001$) between performing the test with or without the ball. There were also no significant differences in kicking the ball with accuracy between loads ($p = 0.72$), but there were significant differences between zones ($p < 0.001$). Considering power, significant differences ($p = 0.008$) were found between baseline and 50 gr with loads of 100 and 150 gr. These results show that using instep weights can have different effects on soccer technical actions.

Keywords: ball hitting, accuracy, agility, COD

Fecha recepción: 16-01-23. Fecha de aceptación: 14-06-23

Javier Peña

javier.pena@uvic.cat

Introducción

El fútbol es un deporte intermitente, en el que se dan acciones rápidas y explosivas de corta (entre 2 y 4 segundos) o muy corta duración (milisegundos) y que tienen un tiempo de pausa o de recuperación entre ellas que en algunos casos puede superar los 90 segundos (Söhnlein, et al., 2014). En deportes intermitentes como el fútbol, para ser un jugador exitoso, es necesario tener una gran capacidad de producción de acciones explosivas (Alcaraz et al., 2008; Little & Williams, 2005; Söhnlein et al., 2014). Estas acciones requieren generar fuerza en un tiempo muy reducido (<100 milisegundos) (Juárez et al., 2009; Ramírez-Campillo et al., 2014). Dentro de estas acciones se pueden incluir los golpes de balón, los saltos (Juárez et al., 2009; Söhnlein et al., 2014), las aceleraciones (Benito et al., 2012) y los cambios de dirección (CDD) (Bidaurrazaga et al., 2015), habilidad compleja y multifactorial que puede ser decisiva en los deportes de equipo (Freitas et al., 2021; Freitas et al., 2022). De hecho, rendir de forma óptima en CDD es útil como predictor del nivel de juego en futbolistas jóvenes debido a que tienden a mostrar diferencias entre jugadores de élite y de menor nivel (Gil, 2007, citado en Bidaurrazaga et al., 2015; Svensson, 2005, citado en Bidaurrazaga et al., 2015); se considera un factor decisivo en el rendimiento en el fútbol (DeWeese & Nimphius, 2018;

Loturco et al., 2022); puede influir en el resultado del partido (Nimphius et al., 2018; Paul, et al., 2016); y es una de las acciones más frecuente en situaciones de gol (Faude et al., 2012). Estos CDD se pueden entrenar y mejorar a través del entrenamiento de fuerza y velocidad (Falch et al., 2019), entrenamiento neuromuscular (Zouhal et al., 2019) y entrenamiento excéntrico (Maroto et al., 2017). Por lo tanto, el desarrollo de esta capacidad será importante para el desarrollo de la agilidad (Nimphius et al., 2016, citado en Cuthbert et al., 2019), la cual es un parámetro relevante y está definida como la capacidad para cambiar de dirección de forma rápida y es el resultado de una combinación de velocidad, equilibrio coordinación y fuerza (Bidaurrazaga et al., 2015). De ahí que se hayan estudiado y empleado diferentes métodos para mejorar dichas capacidades condicionales en jóvenes futbolistas (Fonseca et al., 2022; Martínez-Pérez & Vaquero-Cristóbal, 2021). Sin embargo, la literatura está limitada y no se encuentran referencias en cuanto al uso de lastres o de sobrecargas externas en relación con el golpeo de balón en fútbol.

Marcar goles es el objetivo principal del fútbol ya que nos va a permitir conseguir la victoria (Castellano, 2018), y éste se puede lograr cuando los jugadores realizan golpes precisos de balón (Katis et al., 2013). Disparar a portería es la habilidad más básica e importante en el fútbol y requiere golpear el balón con precisión (Kellis &

Katis, 2007; Koakutsu, 2007, citados en Nagasawa et al., 2011). Es por esto, que el entrenamiento de este aspecto técnico es muy importante para mejorar el golpeo de balón (Angos & Chávez, 2019).

El entrenamiento con lastres o sobrecargas es de sobras conocido y ha sido ampliamente abordado en el mundo del deporte para la mejora de diferentes aspectos del rendimiento deportivo como pueden ser las aceleraciones, la velocidad y los CDD (Alcaraz et al., 2008; Falch et al., 2019). Las pesas de empeine han demostrado ser útiles para mejoras técnicas y de propiocepción en otros deportes, y en concreto en la carrera, ya que el uso de lastre sobre el empeine al entrenar produce cambios en parámetros mecánicos de esta (tiempo de apoyo, suspensión, vuelo, frecuencia, longitud del paso) al modificar la actividad muscular, condicionando modificaciones biomecánicas de la carrera y el apoyo plantar sobre el suelo (Esquirol et al., 2018). A diferencia de otros deportes como el atletismo o el tenis, en fútbol no se han realizado estudios de este tipo, por lo tanto, el propósito de este estudio fue investigar los efectos agudos del uso de las pesas de empeine (Powerinstep®) en el jugador de fútbol en la precisión y la velocidad del golpeo de balón, en la conducción de balón y en los CDD. Nuestra hipótesis es que el uso de diferentes pesas de empeine mejorará el rendimiento en la velocidad de golpeo pero empeorará la precisión de golpeo y empeorará la velocidad de conducción.

Material y métodos

Participantes

Dieciséis jugadores (varones) de la categoría juvenil Nacional (media \pm DE; 18 ± 1 años; $179,8 \pm 5,3$ cm; $75,0 \pm 7,9$ kg; $23,17 \pm 1,83$ IMC) participaron en el estudio. Los criterios de exclusión utilizados fueron: ser portero o estar lesionado al inicio del estudio. El volumen de entrenamiento semanal era de seis horas (cuatro entrenamientos de una hora y 30 minutos) y el partido del fin de semana (de 0-90 minutos en función del tiempo que jugaran en el partido).

Aspectos éticos

Todos los sujetos fueron informados previamente sobre las características del estudio. La participación en el estudio fue voluntaria y se firmó un consentimiento informado para participar en éste, en el que constó la autorización para hacer uso de sus registros con finalidades de investigación. Al no haber ningún menor de 16 años dentro de la muestra de estudio, y dado que ninguna de las pruebas realizadas conllevaba asociado un riesgo para la salud, no se tuvo que pedir autorización a sus tutores legales. No obstante, los jugadores fueron informados que podrían renunciar a participar en el proyecto cuando lo desearan y sin expresar los motivos. El procedimiento de obtención y tratamiento de datos respetó los derechos que establece la Ley orgánica 3/2018, del 5 de diciembre, de protección de Datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, del 27 de abril de 2016, de protec-

ción de datos y normativa complementaria. Se respetaron los principios fundamentales de la Declaración de Helsinki y sus posteriores actualizaciones (Fortaleza, 2013), así como la legislación vigente en relación con la protección de datos individuales, y otras normas reguladoras en materia de ética, experimentación humana o bioseguridad. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la “Universitat de Vic – Universitat central de Catalunya” el 12 de mayo de 2022 (código: 205/2022).

Diseño del estudio

Un estudio aleatorizado de casos cruzados se llevó a cabo para determinar el efecto de los lastres o pesas móviles de Powerinstep®, sobre la precisión y producción de velocidad en el golpeo de balón y en el rendimiento del cambio de dirección. En éste, los jugadores utilizaron tres condiciones experimentales (cargas de 50, 100 y 150 gr) y al mismo tiempo, los participantes realizaron los tests sin carga (grupo control). La asignación de los jugadores a los grupos se realizó por el investigador principal mediante una estratificación por posiciones de juego y posteriormente se procedió a utilizar una técnica de aleatorización por bloques.

Todas las mediciones se realizaron en período competitivo (mayo de 2022) en un campo de fútbol de césped artificial y bajo las mismas condiciones climatológicas. Los participantes utilizaron botas de fútbol para la realización de las pruebas. Se evaluaron medidas aleatorias y repetidas dentro del diseño del estudio para comparar los efectos de llevar un lastre sujeto a la bota del futbolista colocado en el empeine del pie (50, 100, 150 gr. Powerinstep®), en relación con no llevarlo en la precisión y la velocidad del golpeo de balón y la conducción y los CDD en futbolistas de categoría juvenil. Todos los juegos de pesas fueron proporcionados por Powerinstep®. Se realizó una sesión de familiarización la semana previa al inicio del estudio para informar sobre cómo colocar las pesas con el fin de evitar molestias y posibles inconvenientes durante las futuras valoraciones. Los participantes no habían entrenado ni competido en las 24 horas previas a las valoraciones y éstas se efectuaron dejando 72 horas entre ellas (lunes y jueves). En las dos sesiones de valoración se realizó el test de golpeo de balón y el test de cambio de dirección (sin balón y con balón) con una carga, y siempre siguiendo este orden. Cuando terminaban, disponían de 5 minutos para la recuperación y el cambio de carga. Posteriormente repetían la secuencia con otra carga. En cada sesión se realizaron los tests con dos cargas diferentes.

Medidas

Dentro del ámbito deportivo tenemos una gran cantidad de test que podemos utilizar para valorar el rendimiento de los deportistas. Los más utilizados y que más relación tienen con el proyecto actual son la prueba de precisión en el golpeo de balón (Figura 1) (Nagasawa et al., 2011) y el test de Barrow modificado (Figura 2) (Bida-urrazaga et al., 2015). El desarrollo de ambos se describe y se detalla a continuación:

Test de golpeo de balón (precisión y velocidad). La recogida de datos del test de golpeo de balón se realizó mediante un Radar Stalker ATS II (Stalker®, USA) con una precisión de tiempo de 0,01 segundos, un rango de velocidad de 1-1432,3 km/h y capacidad para detectar el movimiento de la pelota a una distancia de 152,40 metros, para registrar la velocidad en m/s (Ferraz et al., 2012; Tomas et al., 2014). Para la precisión, se analizó visualmente cada golpeo y se anotó de manera manual si el balón había entrado por la zona correspondiente o no. De esta manera se obtuvo la velocidad que correspondía a cada golpeo y si este había entrado o no por la zona correspondiente. La secuencia fue de dos golpeos por cada zona en el orden siguiente: zona A, zona B, zona C y zona D. Se utilizó una pantalla de precisión (Figura 1) (Nagasawa et al., 2011), de 7.3 metros de ancho por 2.40 metros de alto con cuatro aberturas en las escuadras de 1.5 metros de ancho por 0.8 metros de alto, para señalar las zonas de golpeo en una portería de fútbol 11. Los balones que se utilizaron para realizar el test fueron los oficiales que el equipo utilizaba tanto en entrenamientos como en competición con una presión de entre 0.6 y 0.8 bar. Antes de realizar el test, los participantes realizaron un calentamiento de 15 minutos que incluía dos minutos de carrera continua, ejercicios de movilidad, ejercicios de técnica de carrera, carreras a alta velocidad de corta distancia (10 metros) y pases con el balón de menor a mayor distancia. Los participantes usaron un juego de pesas fijado a cada uno de los pies en la zona del empeine. El golpeo de balón se realizó desde el punto de penalti, que se encuentra a 11 metros de la portería. El radar para registrar la velocidad del balón se colocó justo detrás de la portería, a 15 metros del balón. Se les indicó que intentaran golpear con la mayor potencia y precisión posible y recibían el “feedback” inmediato de la velocidad del golpeo para que intentaran mantener el nivel o mejorarlo. La precisión se definió por la suma de todos los golpeos que entraron en la zona correspondiente con un máximo de ocho puntos. A mayor puntuación, mayor precisión. Se analizó también la precisión por zonas (A, B, C y D) y por golpeos a zonas altas (zonas A y B) y zonas bajas (C y D). Las mediciones de velocidad máxima demostraron una confiabilidad entre moderada y buena test-retest (ICC de 0.58 a 0.76) con un CV de 3.9-4.5%.

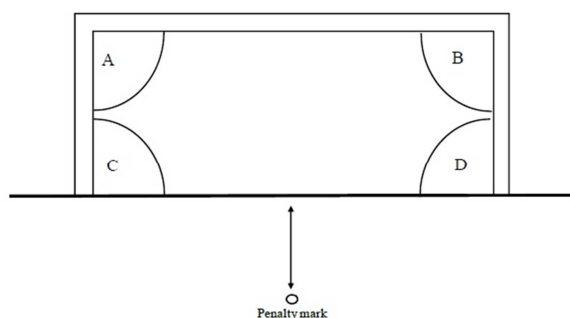


Figura 1. Montaje de las zonas, por Nagasawa et al., (2011).

Test de cambios de dirección y conducción de balón.

Para evaluar los CDD y la conducción de balón se realizó

el test de Barrow modificado (Figura 2) (Bidaurrazaga et al., 2015). Los participantes realizaron un calentamiento de 15 minutos que incluía dos minutos de carrera continua, ejercicios de movilidad, ejercicios de técnica de carrera, carreras a alta velocidad de corta distancia (10 metros) y pases con el balón de menor a mayor distancia. Los participantes usaron un juego de pesas fijado a cada uno de los pies en la zona del empeine. Los jugadores iniciaron el test colocando delante el pie con el que iniciaban mejor la carrera y empezaban el test voluntariamente sin esperar una señal de salida. Los resultados se registraron con unas fotocélulas ChronoJump Boscosystem® (Barcelona, España). Las medidas se realizaron con Chronopic y se registraron con el software Chronojump versión 2.2.1. Todos los sujetos ejecutaron la prueba dos veces sin balón y dos veces con balón en las condiciones analizadas (50, 100 y 150 gramos y sin carga) de manera aleatoria y con una pesa en cada empeine. Entre cada uno de los intentos descansaban dos minutos. Las mediciones de tiempo demostraron una excelente confiabilidad test-retest (ICC de 0.96) con un CV de 1.7-3.0%.

Como variables dependientes, en el golpeo de balón se midió la precisión (aciertos por zonas) y la velocidad del balón (m/s) y en el test de CDD con balón y sin balón (segundos) para comparar las tres condiciones diferentes (50, 100, 150 gr) y la condición de referencia (grupo control; 0 gramos). La comparación entre estas situaciones tuvo como objetivo investigar los efectos del uso de estas cargas en aspectos técnicos de CDD, precisión y velocidad en el golpeo de balón.

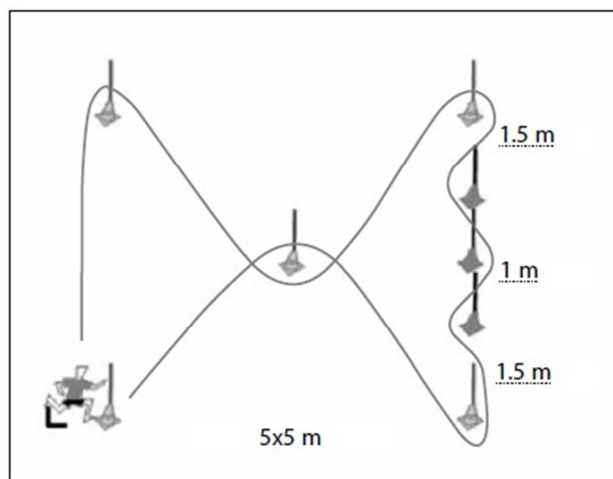


Figura 2. Representación esquemática del test de agilidad de Barrow modificado, por Bidaurrazaga et al., (2015).

Análisis estadístico

Los datos que se presentan son medias con desviación estándar y porcentajes. Se realizaron modelos lineales mixtos (LMM) para analizar el efecto del balón y la carga en el tiempo total en el test de Barrow, y la velocidad en el test de golpeo (datos continuos); y modelos lineales mixtos generalizados (GLMM) para analizar el efecto de la carga sobre la precisión en el test de golpeo (datos discretos). Todas estas variables fueron entradas como efectos

fijos en los modelos, y los jugadores como efecto aleatorizado. Cuando los efectos eran significativos, se utilizaron contrastes con la corrección de Holms para comparar entre zonas de precisión y cargas utilizadas. El nivel de significación se fijó en $p = 0.05$ para todas las pruebas estadísticas. Para el análisis estadístico se utilizó el programa JASP v.0.16.2.0.

Resultados

En el test de Barrow existen diferencias significativas cuando comparamos la realización del test con o sin balón ($p < 0.001$). No obstante, no se encontraron diferencias entre las cargas a nivel de tiempo empleado para completar el test (Tabla 1 y Figura 3).

Tabla 1. Test de Barrow, valores estimados y error estándar (SE) de los modelos lineales mixtos.

Balón	Carga (gr)	Tiempo (seg)	SE	95% CI	
No	0	9.90	0.16	9.59	10.20
Si	0	13.09	0.21	12.68	13.50
No	50	9.66	0.14	9.38	9.94
Si	50	12.71	0.20	12.31	13.10
No	100	9.88	0.20	9.49	10.27
Si	100	13.01	0.28	12.45	13.57
No	150	9.85	0.13	9.59	10.11
Si	150	13.22	0.18	12.87	13.58

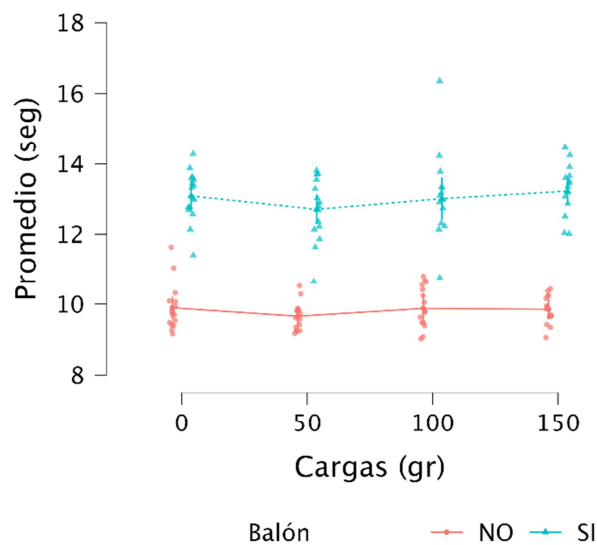


Figura 3. Test de Barrow. Comparación de los tiempos realizados en el test de Barrow sin balón y con balón en las diferentes condiciones (0, 50, 100 y 150 gramos).

En el test de golpeo no hay diferencias en cuanto a la precisión entre cargas ($p = 0.72$). Sin embargo, analizando la velocidad de golpeo, se encontraron diferencias significativas entre las cargas ($p = 0.008$). Los contrastes mostraron que las cargas de 100 gr (1.04 m/s; $p = 0.05$) y 150 gr (1.33 m/s; $p = 0.008$) producen mayor velocidad en el golpeo en comparación al grupo control o carga de 0 gr (Tabla 2 y Figura 4).

Tabla 2.

Test de golpeo de balón (velocidad) por carga - valores estimados y error estándar (SE) de los modelos lineales mixtos.

Carga (gr)	Velocidad (m/s)	SE	95% CI	
0	24.41	0.50	23.43	25.38
50	24.71	0.51	23.72	25.71
100	25.45	0.51	24.46	26.44
150	25.74	0.51	24.73	26.75

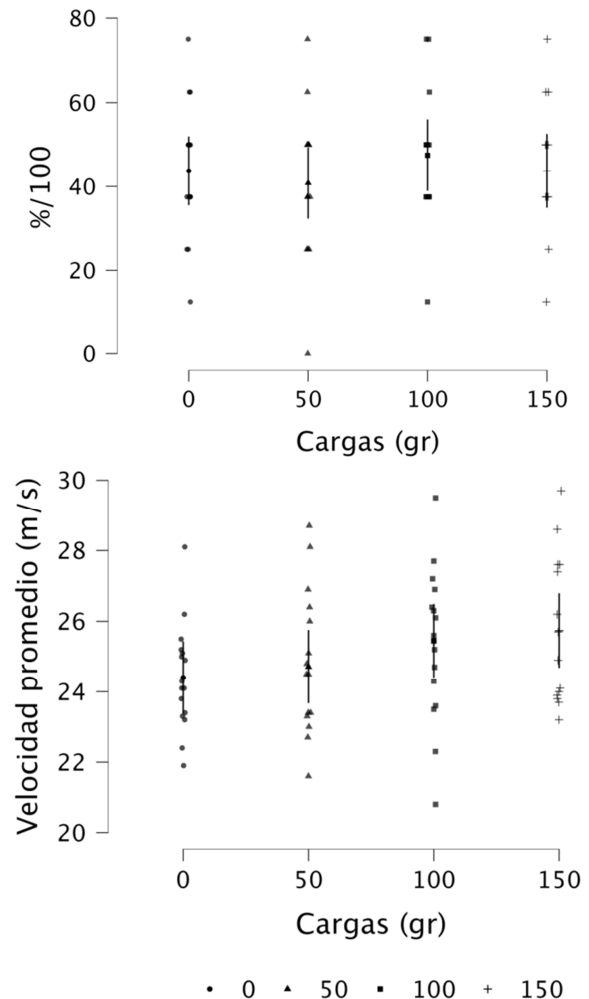


Figura 4. Test de precisión sin zonas. Comparación del porcentaje de aciertos y de la velocidad promedio entre las diferentes cargas utilizadas en el test.

En el test de golpeo, teniendo en cuenta las cuatro zonas, se encontraron diferencias significativas en precisión ($p < 0.001$). Los contrastes mostraron que en las zonas C y D existía mayor precisión que en las zonas A y B (entre 21-33%; $p < 0.01$) (Tabla 3 y Figura 5). En cuanto a la velocidad de golpeo, no se observaron diferencias entre zonas ($p = 0.12$) (Tabla 4 y Figura 5).

Tabla 3.

Test de golpeo de balón (precisión) por carga y zonas - valores estimados y error estándar (SE) de los modelos lineales mixtos.

Zona	Precisión (%)	SE	95% CI	
A	31.79	4.44	23.08	40.50
B	29.42	4.12	21.35	37.49
C	52.63	4.96	42.91	62.34
D	62.52	4.87	52.97	72.07

Tabla 4.
Test de golpeo de balón (velocidad) por carga y zonas - valores estimados y error estándar (SE) de los modelos lineales mixtos.

Carga	Zona	Velocidad (m/s)	SE	95% CI	
0 gr	A	23.77	0.52	22.75	24.80
	B	24.35	0.42	23.54	25.16
	C	24.36	0.49	23.40	25.33
	D	25.22	0.50	24.24	26.20
50 gr	A	24.25	0.60	23.07	25.43
	B	24.26	0.59	23.10	25.41
	C	24.93	0.56	23.82	26.03
	D	25.32	0.68	23.99	26.65
100 gr	A	24.80	0.61	23.61	25.99
	B	25.12	0.59	23.97	26.27
	C	25.64	0.66	24.35	26.93
	D	26.30	0.71	24.92	27.68
150 gr	A	25.41	0.62	24.21	26.62
	B	25.09	0.65	23.82	26.35
	C	26.05	0.67	24.74	27.36
	D	25.91	0.67	24.60	27.22

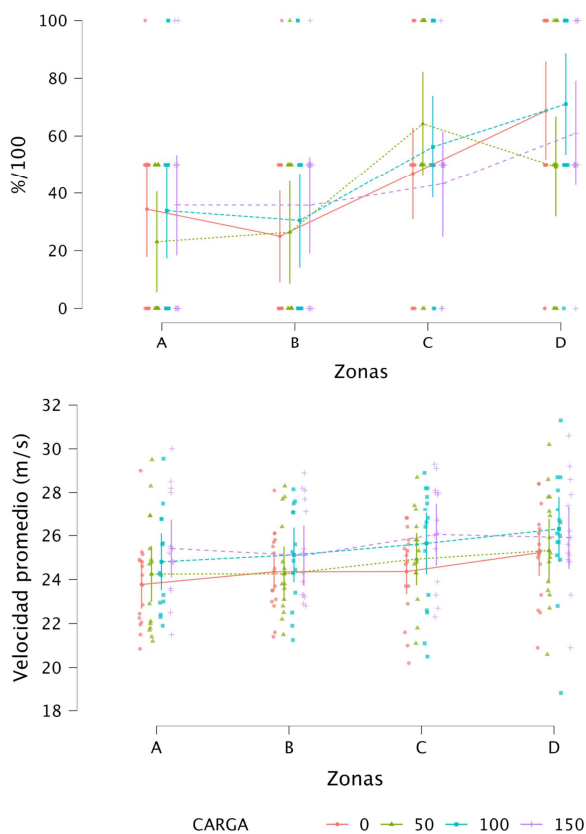


Figura 5. Test de precisión con zonas. Comparación del porcentaje de aciertos y de la velocidad promedio entre las diferentes cargas utilizadas en el test en cada una de las zonas.

Discusión

Uno de los principales hallazgos de este estudio fue que la velocidad máxima del balón aumentó cuando se utilizaron cargas de 100 y de 150 gramos en relación a las cargas más bajas de 0 y 50 gramos (Figura 4). Los resultados confirman parte de la hipótesis debido a la influencia positiva que tienen las cargas más altas sobre la velocidad en el golpeo de balón. Este aumento de velocidad se podría entender debido a un mayor impulso causado por una extremidad más pesada por el lugar en el que estaba colo-

cada la pesa (Whiteside et al., 2014; Söğüt, 2017). En el patrón de movimiento de golpeo de balón la velocidad segmentaria aumenta de proximal a distal, es decir, que la velocidad de la cadera es menor que la de la rodilla y esta menor que la del tobillo (Lees et al., 2005). Por lo que podemos pensar que la pesa colocada sobre el empeine aumenta la velocidad final de golpeo y a mayor peso, mayor velocidad. Teniendo en cuenta la literatura relacionada, se esperaba que la velocidad del balón fuera disminuyendo a medida que aumentaba la carga que se aplicaba, ya que este aumento de la velocidad del balón difiere de los resultados obtenidos en otros estudios (Colomar et al., 2020). En este estudio realizado con tenistas jóvenes, se confirmó la influencia negativa de las cargas más altas en el saque de tenis con una pesa colocada en la muñeca de los participantes, que podría relacionarse con la pesa colocada en el empeine de nuestros deportistas. Por lo tanto, hay que tratar estos resultados con cautela, ya que también encontramos en la literatura otros estudios en los que los autores nos hablan de otros aspectos que pueden influir en la velocidad del balón después del golpeo; la fatiga (Kellis et al., 2006), la fuerza muscular, el rendimiento neuromuscular (Ismail et al., 2010; Seyed et al., 2010), la velocidad de aproximación al balón y el nivel de habilidad y destreza del deportista (Lees & Nolan, 1998; Muñoz & González, 2012). La máxima velocidad registrada en el test de golpeo de balón no corresponde a la máxima velocidad que el jugador puede aplicar, ya que Juárez & Navarro (2006) encontraron diferencias significativas en la velocidad de golpeo de balón cuando los jugadores tenían un objetivo o cuando golpeaban a portería sin ser un golpeo de precisión. Por tanto, entendemos que la potencia aplicada en nuestro test no es la máxima que podrían aplicar los sujetos. Sería interesante analizar en otra ocasión la máxima potencia que pueden aplicar al balón y ver si los registros que se obtienen tienen correlación con los obtenidos en este estudio.

En relación con el golpeo de balón, se encontraron diferencias significativas entre la precisión en las zonas altas y las zonas bajas de la portería. Las zonas C y D, es decir, los dos laterales de la zona baja de la portería mostraron un mayor porcentaje de acierto independientemente de la carga utilizada. Katis et al., (2013) concluyen en su estudio que la activación del tibial anterior es clave en el golpeo de precisión en fútbol tanto en objetivos en zonas altas como en objetivos en zonas bajas. Una pesa colocada en el empeine implicaría una mayor activación del tibial anterior para soportar la fuerza ejercida por la pesa, por lo que teniendo en cuenta las aportaciones de Katis et al., (2013), esa mayor activación ayudaría a realizar golpes de balón con mayor precisión que sin ella. Por lo tanto, estos hallazgos pueden explicarse a partir de los resultados del estudio anteriormente mencionado. Tanto la velocidad como la precisión en el golpeo de balón se ven afectadas por los diferentes aspectos biomecánicos relacionados con este gesto técnico. Hay dos variables que hay que tener en cuenta que afectan a los aspectos que hemos estudiado: la

velocidad del pie de la pierna que golpea el balón en el momento del contacto con el balón y la distancia entre la pierna de apoyo y el centro del balón, que debe ser lo más pequeña posible (Kapidžić et al., 2014).

Si analizamos el test de Barrow, vemos que existen diferencias cuando comparamos la realización del test con y sin balón, ya que la implementación de un objeto móvil que hay que dominar, implica realizar el test a una menor velocidad. Sin embargo, no encontramos diferencias entre cargas y no existe interacción entre el balón y la carga utilizada. Aunque el análisis estadístico no muestre diferencias significativas, el análisis descriptivo de los resultados obtenidos en el test de agilidad, tanto si se realiza con balón como sin balón, nos muestra que la carga de 50 gramos parece ser la que mayores beneficios aporta a los jugadores mejorando la ejecución técnica del circuito y reduciendo el tiempo del test en comparación con las otras cargas o la ausencia de ellas, dato que podemos comparar con el estudio de Esquirol et al. (2018), en el que se observan mejoras en la técnica de carrera. Sin embargo, en el test con balón, vemos como a medida que aumenta la carga, de 50 a 100 gramos y de 100 a 150 gramos, los tiempos empeoran, lo que nos hace pensar que una mayor carga en este test dificulta la ejecución técnica y la conducción de balón. Se observa un efecto negativo de las cargas en este aspecto técnico.

Como al parecer hay un efecto positivo con la carga de 50 gramos, sería interesante aplicar este entrenamiento en un período más largo de tiempo para analizar sus efectos crónicos. La mejora en el rendimiento del CDD implicaría la mejora del rendimiento de algunos futbolistas en función de la posición que ocupan en el terreno de juego, ya que como afirman Martínez-Cabrera et al. (2021), los jugadores del centro del campo son los que más aceleraciones y CDD realizan en un partido. Por lo tanto, la mejora de este aspecto técnico podría implicar la mejora del rendimiento del futbolista en situaciones de partido.

Con estos resultados, no se pueden prever los posibles efectos adversos en relación con el uso sistemático durante las sesiones de entrenamiento. Probablemente, se debería seguir y controlar la carga de entrenamiento (volumen e intensidad) para conseguir efectos deseados. Los resultados obtenidos se prestan a pensar que pueden existir beneficios derivados del uso de estos implementos en futbolistas jóvenes. Otras cohortes de futbolistas (en edad adulta o de género femenino) se deben incluir en futuros estudios para verificar si los efectos encontrados en este son transferibles a esas poblaciones o no.

Conclusiones

En el test de Barrow existen diferencias significativas cuando se compara la realización del test con o sin balón. Sin embargo, no hay diferencias entre las cargas ni existe interacción entre el balón y la carga.

En el test de golpeo de balón no hay diferencias a nivel de precisión entre las cargas pero sí entre las zonas. En las

zonas bajas hay un porcentaje mayor de precisión que en las zonas altas de la portería. En cuanto a la velocidad del balón, hay diferencias significativas entre las diferentes cargas cuando no tenemos en cuenta las zonas de golpeo. Las cargas de 100 y 150 gramos producen mayor velocidad en el golpeo. Sin embargo, teniendo en cuenta las zonas de golpeo, no hay diferencias significativas ni entre zonas ni entre cargas.

Por lo tanto, utilizar cargas de 100 y 150 gramos para el entrenamiento de potencia de golpeo a portería mejora la velocidad de ejecución de manera aguda (en el momento) probablemente debido al hecho de aumentar la velocidad segmentaria.

Utilizar cargas (de 50 a 150 gramos) en el entrenamiento de agilidad, cambios de ritmo y CDD no afecta negativamente la habilidad de los jugadores en estas acciones. Al tratarse de un estudio transversal, los datos obtenidos no son extrapolables a las posibles adaptaciones a corto/largo plazo. Se deberían explorar las posibles adaptaciones crónicas del uso de estas mismas cargas y su mejora en situaciones reales (sin carga en competición). Para ello, sería necesario realizar estudios de carácter longitudinal usando todas las cargas para ver si el efecto sigue arrojando los mismos resultados, o por el contrario estos difieren de los obtenidos en este estudio.

Agradecimientos

Los autores agradecen su participación a todos los jugadores y entrenadores de la U.E. Figueres.

Financiación y conflicto de interés

La investigación que condujo a estos resultados se ha realizado con fondos procedentes del convenio de transferencia de conocimiento entre la Universitat de Vic–Universitat Central de Catalunya y la empresa Powerinstep, SL. Dicho convenio está amparado por el artículo 83 de la Ley Orgánica de Universidades (L.O.U.) que regula la colaboración entre Universidad y el sector empresarial.

Referencias

- Alcaraz, P., Palao, J. M., Elvira, J.L., & Linthorne, N. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *Journal of strength and conditioning research*, 22(3), 890-897.
- Angos, F., & Chávez, E. (2019). Perfeccionamiento de la potencia del golpeo del balón en centrocampistas de fútbol del Club América, categoría senior. (Tesis de Máster). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí. doi: 10.13140/RG.2.2.13128.78088
- Benito, E., Sánchez, L., Moral-García, J. E., & Martínez-López, E. J. (2012). Effects of order of application of electrical stimulation and plyometric in the training of hundred speed. *Journal of Sport and Health Research*,

- 4(2), 167-180.
- Bidaurrezaga, I., Moreira, H., Lekue, J. A., Badiola, A., Figueiredo, A. J., & María, S. (2015). Applicability of an agility test in young players in the soccer field. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(2), 133-138.
- Castellano, J. (2018). Relación entre indicadores de rendimiento y el éxito en el fútbol profesional. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 13(1), 41-49.
- Colomar, J., Baiget, E., Corbi, F., & Muñoz, J. (2020). Acute effects of in-step and wrist weights on change of direction speed, accuracy and stroke velocity in junior tennis players. *PLoS ONE*, 15(3), e0230631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230631>
- Cuthbert, M., Thomas, C., Dos'Santos, T., & Jones, P. A. (2019). Application of Change of Direction Deficit to Evaluate Cutting Ability. *Journal of strength and conditioning research*, 33(8), 2138-2144.
- DeWeese, B. H., & Nimphius, S. (2018). Program design and technique for speed and agility training. In Haff, G.G. & Triplett, N.T. (Eds.). *Essentials of strength training and conditioning*, 4th ed, 521-558.
- Esquirol-Caussa, J., Bayo-Tallón, V., Padullés, J.M., Cos, M.A., & Sánchez-Padilla, M. (2018). Estudio analítico de la influencia a corto plazo de lastres sobre el empeine con distintos pesos en la velocidad y el tiempo en carrera de 50 metros. *Scientific Medical Data*, 10.24175/sbd.2018.000127
- Falch, H. N., Rædergård, H. G., & van den Tillaar, R. (2019). Effect of Different Physical Training Forms on Change of Direction Ability: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine-Open*, 5(1), 53.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631.
- Ferraz, R., Van den Tillaar, R., & Marques, MC. (2012). The effect of fatigue on kicking velocity in soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 35, 97-107. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0083-8> PMID: 23486374
- Fonseca, R. T., Lopes, G. C., Castro, J. B. P. de, Santos, L. A. V. dos, Lima, B. L. P., Oliveira Filho, G. R. de, Nunes, R. de A. M., & Vale, R. G. de S. (2022). Análisis del salto vertical, índice de esfuerzo percibido, dolor muscular de aparición tardía y potencia muscular máxima en jóvenes futbolistas brasileños sometidos a entrenamiento pliométrico y entrenamiento de semi sentadillas con pesas (Analysis of vertical jump, rating of perceived exertion, delayed-onset muscle soreness, and muscular peak power in young male Brazilian football players submitted to plyometric and semi-squat training with weights). *Retos*, 46, 613-621. <https://doi.org/10.47197/retos.v46.94085>
- Freitas, T. T., Pereira, L. A., Alcaraz, P. E., Azevedo, P., Bishop, C., & Loturco, I. (2021). Percentage-Based Change of Direction Deficit: A New Approach to Standardize Time- and Velocity-Derived Calculations. *Journal of strength and conditioning research*, 10.1519/JSC.0000000000004118. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004118>
- Freitas, T. T., Pereira, L. A., Alcaraz, P. E., Comyns, T. M., Azevedo, P., & Loturco, I. (2022). Change-of-Direction Ability, Linear Sprint Speed, and Sprint Momentum in Elite Female Athletes: Differences Between Three Different Team Sports. *Journal of strength and conditioning research*, 36(1), 262-267. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003857>
- Ismail, A., Mansor, M., Ali, M., Jaafar, S., & Makhtar, K. (2010). Biomechanical Analysis of Ankle Force: A Case Study for Instep Kicking. *American Journal of Applied Sciences*, 7, 323-330.
- Juárez, D., López de Subijana, C., de Antonio, R., & Navarro, E. (2009). Valoración de la fuerza explosiva general y específica en futbolistas juveniles de alto nivel. *Kronos. Rendimiento en el deporte*, 8(14), 107-112.
- Kapidžić, A., Huremović, T., & Biberovic, A. (2014). Kinematic analysis of the instep kick in youth soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 42, 81-90. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0063>
- Katis, A., Giannadakis, E., Kannas, T., Amiridis, I., Kellis, E., & Lees, A. (2013). Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, (23), 125-131.
- Kellis, E., Katis, A., & Vrabas, I. S. (2006). Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16, 334-344.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: a review. *Journal of Sports Sciences*, 16, 211-234.
- Lees, A., Kershaw, L., & Moura, F. (2005). The three-dimensional nature of the maximal instep kick in soccer. In Science and Football V, edited by Spinks, W., Reilly, T. And Murphy, A. (London: Routledge), pp. 65-70.
- Little, T., & Williams, A. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 19(1), 76-78.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Reis, V. P., Abad, C., Freitas, T. T., Azevedo, P., & Nimphius, S. (2022). Change of Direction Performance in Elite Players From Different Team Sports. *Journal of strength and conditioning research*, 36(3), 862-866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003502>
- Maroto-Izquierdo, S., Garcia-Lopez, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 133-143. doi:10.1515/hukin-2017-0096
- Martínez-Cabrera, F. I., Núñez-Sánchez, F. J., Losada, J., Otero-Esquina, C., Sánchez, H., & De Hoyo, M. (2021). Use of Individual Relative Thresholds to Assess

- Acceleration in Young Soccer Players According to Initial Speed. *Journal of strength and conditioning research*, 35(4), 1110–1118. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002902>
- Martínez-Pérez, P., & Vaquero-Cristóbal, R. (2021). Revisión sistemática del entrenamiento de fuerza en futbolistas pre-adolescentes y adolescentes (Systematic review of strength training in preadolescent and adolescent football players). *Retos*, 41, 272–284. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.82487>
- Muñoz, A., & González, J.A. (2012). Diferencias cinemáticas del golpeo de fútbol entre futbolistas expertos y sujetos inexpertos. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 21, 63-66.
- Nagasawa, Y., Demura, S., Matsuda, S., Uchida, Y., & Demura, T. (2011). Effect of differences in kicking legs, kick directions, and kick skill on kicking accuracy in soccer players. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 7(4), 9.
- Navarro, F., & Juárez, D. (2006). Análisis de la velocidad del balón en el tiro en futbolistas en función de la intención de precisión. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 16, 23-33. ISSN: 0214-0071.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., & Lockie, R. G. (2018). Change of direction and agility tests: Challenging our current measures of performance. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 26-38.
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421-442.
- Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., et al. (2014). Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 28(5), 1335-1342.
- Seyed, H., Daneshmandi, H., & Norasteh, A. (2010). The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. *Physics International*, 1, 22-26.
- Söğüt, M. (2017). Acute effects of customizing a tennis racket on serve speed. *Baltic Journal of Sports Health and Science*, 1(104), 44–6.
- Söhnlein, Q., Müller, E., & Stöggel, T. (2014). The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 28(8), 2105-2114.
- Tomas, M., Frantisek, Z., Lucia, M., & Jaroslav, T. (2014). Profile, correlation and structure of speed in youth elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40, 149–159. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0017> PMID:25031683
- Whiteside, D., Elliott, B., Lay, B., & Reid, M. (2014). The effect of racquet swing weight on serve kinematics in elite adolescent female tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(1), 124–128.
- Zouhal, H., Ben Abderrahman, A., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., & Bideau, B. (2019). Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Front Physiol*, 10, 947.