

Relación entre la velocidad de lanzamiento y la fuerza específica evaluada a través de dinamometría electromecánica funcional (DEMF) en jugadores de balonmano.

Relationship between throwing velocity and specific strength assessed with Functional Electromechanical Dynamometer (FEMD) in handball players.

Javier Aguilar-Sánchez ¹ , Lorenzo Ruiz-Orellana ¹ , Luis Javier Chiroso-Ríos ¹ , Rafael Enrique Lozano Zapata ² , Brian Johan Bustos Viviescas ² , Ignacio Chiroso-Ríos ¹ , Ángela Rodríguez-Perea ¹ , y María Dolores Morenas-Aguilar ¹ 

¹ Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Granada, España
² Departamento de Educación Física, Recreación y Deportes. Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.

* Correspondencia: javieraguilarsanchez@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17398/1885-7019.19.107>

Recibido: 07/03/2023; Aceptado: 26/07/2023; Publicado: 30/07/2023

OPEN ACCESS

Sección / Section:
Ciencias Biomédicas aplicadas al
Deporte / Biomedics Science
applied to Sport

Editor de Sección / Edited by:
Sebastián Feu
Universidad de Extremadura,

David Mancha-Trigueros
Universidad CEU Andalucía

Citación / Citation:
Aguilar-Sánchez J., et al. (2023).
Relación entre la velocidad de
lanzamiento y la fuerza específica
evaluada a través de
dinamometría electromecánica
funcional (DEMF) en jugadores de
balonmano. *E-balonmano Com*,
19(2), 107-116.

Fuentes de Financiación / Funding:
Los autores agradecen la
financiación por parte del
proyecto del Consejo Superior de
Deportes/09/UPB/23 Universidad de
Granada Red de Dinamometría
Funcional Deportiva, y del
proyecto de FEDER/Junta de
Andalucía/Proyecto B-CTS-184-
UGR20.

**Agradecimientos/
Acknowledgments:**
-

**Conflicto de intereses / Conflicts of
Interest:**
There is no conflict of interests.

Resumen

Objetivo. Estudiar la relación entre la fuerza de dos ejercicios específicos de balonmano (test del martillo y test de un paso) y la velocidad de lanzamiento en apoyo. **Métodos.** Trece jugadores españoles de balonmano de élite fueron evaluados (28.77 ± 4.81 años, 90.19 ± 13.07 kg y 1.86 ± 0.10 m) durante la pretemporada. Se realizó un día de familiarización con los test de lanzamiento y de fuerza con Dinamometría Electromecánica Funcional (DEMF). Una semana después, se realizaron las evaluaciones de fuerza específica de tren superior e inferior (test del martillo y test de un paso) y de velocidad de lanzamiento. **Resultados.** Se encontraron (i) relaciones significativas entre la velocidad máxima de lanzamiento y la fuerza isométrica media del ejercicio de martillo unilateral con el brazo dominante ($r = 0.548$, $p = 0.05$), y (ii) relaciones significativas entre la velocidad máxima de lanzamiento y el paso con la pierna dominante ($r = 0.628$, $p = 0.02$). **Conclusión.** El entrenamiento con situaciones cercanas a las condiciones reales del juego se relaciona positivamente en el proceso de mejora del rendimiento del jugador de balonmano. Por lo tanto, utilizar dispositivos que permitan evaluar y entrenar a la vez en situaciones específicas es algo que debería extenderse entre los profesionales del deporte.

Palabras clave: dinamometría, fuerza funcional, lanzamiento, rendimiento

Abstract

Objective. To study the relationship between the specific strength in handball, assessed with Functional Electromechanical Dynamometer (FEMD), and throwing velocity. **Methods.** Thirteen Spanish elite handball players were evaluated (28.77 ± 4.81 years, 90.19 ± 13.07 kg y 1.86 ± 0.10 m) during the preseason. A day of familiarization with the throwing velocity and strength test with FEMD was performed. One week later, the assessment of specific strength, including the upper and lower body (unilateral pullover test and step forward test) and throwing velocity was conducted by the subjects. **Results.** Significant correlations were found between (i) throwing velocity peak and isometric strength mean in unilateral pullover test with the dominant hand ($r = 0.548$, $p = 0.05$), and (ii) between throwing velocity peak and step forward test with the dominant leg ($r = 0.628$, $p = 0.02$). **Conclusion.** Training exercises closer to real game situations are positively related to performance enhancement in handball players. Therefore, the use of devices that allow the assessment and training at the same time in specific situations, should be extended in the sport coaches and researches.

Keywords: dynamometry, functional strength, throwing, performance.

Introducción

El balonmano es una disciplina deportiva que ha despertado gran interés en el ámbito científico durante la última década, tanto en su planificación como en el control de las cargas de trabajo específico (Palamas et al., 2015). Para contribuir al desarrollo del deporte, se hace necesario mejorar la calidad de los entrenamientos y desarrollar métodos e instrumentos de evaluación específicos que determinen los factores más influyentes en el rendimiento (Wagner et al., 2014). Godbout (1990) intentó reunir las diferentes metodologías de evaluación en el ámbito deportivo presentando un modelo bidimensional, incluyendo tanto situaciones estandarizadas como situaciones reales de juego. Posteriormente, Seirul-lo-Vargas (1993, 2009) realizó las primeras aproximaciones específicas para el entrenamiento y evaluación en el balonmano. Además, la selección del tipo de test o instrumento para evaluar la condición física de forma válida, fiable y transferible a la práctica real, variará en función de la finalidad que se persiga (Lesinski et al., 2016).

Se ha demostrado que la fuerza es un factor determinante del rendimiento en balonmano, como en la gran mayoría de disciplinas deportivas, donde se requieren niveles sustanciales de fuerza durante el juego (Gorostiaga et al., 2005). Se necesita un alto nivel de fuerza para lanzar más rápido, saltar más alto y moverse a mayor velocidad (Naisidou et al., 2017). El dominio del espacio, el tiempo y el ciclo de pasos depende de la capacidad de producir fuerza en un tiempo reducido y en distintos planos de movimiento (Wagner et al., 2014), por tanto, es importante saber utilizar la fuerza en el momento adecuado durante el juego, y así lograr optimizar el rendimiento (Ferragut et al., 2018). En referencia a la evaluación de fuerza, la mayoría de los estudios relacionados son test tradicionales en vectores verticales (press banca, sentadillas, etc.), que están muy alejados de la realidad del juego que pretenden mejorar (Madruga-Parera et al., 2022), como el lanzamiento o el sprint. Sin embargo, en las últimas décadas, existe una corriente relacionada con el entrenamiento funcional de la fuerza (Madruga-Parera et al., 2022; Nevado-Garrosa et al., 2021).

El desarrollo de la tecnología ha ofrecido la posibilidad de comenzar a trabajar con dinamómetros electromecánicos funcionales (DEMF), que permiten dar un salto de calidad al trabajo específico de fuerza. Gracias a esto, se solventa el vacío existente entre el control del trabajo de fuerza específico y su aplicación al gesto real del juego, permitiendo una evaluación y entrenamiento en condiciones funcionales (Jerez-Mayorga et al., 2021; Martínez-García et al., 2021; Rodríguez-Perea et al., 2021; Sánchez-Sánchez et al., 2021). El trabajo con DEMF permite controlar las diferentes variables durante los gestos específicos de un deporte concreto, como la carga, el rango la velocidad de movimiento, la magnitud de resistencia, y el tipo de contracción muscular (isométrica, concéntrica y excéntrica). Además, los DEMF pueden medir simultáneamente la fuerza, la aceleración y la potencia, todo esto simulando patrones específicos de movimiento que pueden relacionar el entrenamiento en condiciones funcionales y su evaluación.

Otro de los factores determinantes para el desarrollo del juego en balonmano es la velocidad de lanzamiento (Chirosa-Ríos et al., 2021; Gorostiaga et al., 2005; Ortega-Becerra et al., 2018). Su importancia es tal, que para superar al portero, normalmente los lanzamientos deben ser efectuados a una alta velocidad (Marques et al., 2007). Una mayor velocidad de lanzamiento es un factor clave para alcanzar niveles más altos de rendimiento (Ortega-Becerra et al., 2018). La combinación de la velocidad de lanzamiento y la precisión es uno de los aspectos más decisivos a la hora de conseguir gol, de esta forma al ejecutarlo en menor tiempo, generará mayor dificultad a los defensas y portero para evitar el gol (Manchado et al., 2013; Van der Tillar & Ettema., 2011; Van Muijen et al., 1991). Entre otros factores, la velocidad de lanzamiento viene determinada por el tipo de lanzamiento (Chirosa et al., 2021; Krüger et al., 2014), pero Chiroso et al. (2021) demostraron correlaciones muy altas entre la velocidad en los lanzamientos de 7 metros y en los lanzamientos en apoyo con carrera previa de 3 pasos, concluyendo que las evaluaciones de la velocidad de lanzamiento pueden simplificarse con la ejecución de un tipo de lanzamiento específico.

Los estudios existentes en balonmano que relacionan la fuerza con la velocidad de lanzamiento utilizan la fuerza de manera genérica (Aguilar-Martínez et al., 2012; Chelly et al., 2010; Cherif et al., 2016; Gorostiaga et al., 2005; Marques et al., 2007, 2011; Ortega-Becerra et al., 2018). En la literatura no se ha encontrado ningún estudio que relacione directamente la fuerza de gestos específicos en balonmano usando DEMF (misma cadena cinética), con la velocidad de

lanzamiento. A excepción del estudio de Martínez-García et al. (2021), en el que se relacionó el ejercicio de press de banca unilateral en bipedestación usando DEMF y la velocidad de lanzamiento en jugadoras de balonmano, pero el objetivo del estudio estaba enfocado en la preactivación con cargas isométricas y con la variable intra-repetición con resistencia. Teniendo en cuenta la enorme aplicabilidad de los gestos específicos utilizando DEMF en el juego real (Sánchez-Sánchez et al., 2021), sería muy útil comprobar si el trabajo y evaluación de estos gestos específicos, repercuten en el rendimiento del jugador, proporcionando así nuevas líneas de investigación, en el ámbito científico, y nuevos métodos de entrenamiento y evaluación, en el ámbito del rendimiento deportivo.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue estudiar la relación entre la fuerza de dos ejercicios específicos de balonmano (test del martillo y test de un paso) y la velocidad de lanzamiento en apoyo.

Materiales y Métodos

Participantes

Trece jugadores españoles de balonmano de élite (liga Asobal) fueron evaluados (28.77 ± 4.81 años, 90.19 ± 13.07 kg y 1.86 ± 0.10 m). Los jugadores contaban con una experiencia de más de 15 años en el deporte y más de 4 años en entrenamiento de fuerza. Los test fueron realizados durante la pretemporada, durante la cual la semana de entrenamiento consistía en: cuatro días de entrenamiento, dos días de doble sesión de mañana y tarde con una duración de 2 horas cada uno y dos días de sesión únicamente por la tarde con 2 horas de duración. Los jugadores y entrenadores fueron informados de los objetivos y riesgos del procedimiento experimental antes de firmar el consentimiento para participar. El protocolo de estudio fue aprobado por el Comité Biomédico de la Universidad (nº 422/CEIH/2017) de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Instrumentos

Los test isométricos e incrementales de fuerza fueron evaluados con un DEMF (Dynasystem, Modelo de Investigación, Granada, España). La velocidad de lanzamiento fue evaluada a través de un dispositivo radar Stalker Acceleration Testing System (ATS) II (Modelo: Stalker ATS II, Applied Concepts, Dallas, TX, EEUU).

Procedimiento

En la primera sesión se realizó una familiarización que consistió en un calentamiento general (carrera continua y movilidad), un calentamiento específico con 5 lanzamientos submáximos en apoyo (pierna adelantada contraria al brazo ejecutor sin mover la pierna adelantada) y 3 lanzamientos máximos en apoyo hacia una portería desde la línea de 7 metros, ambos sin portero. Para la evaluación, se le pidió al jugador que lanzara con la mayor precisión y fuerza posible hacia el radar sujetado por el evaluador situado tras la red de portería. Se realizaron 3 lanzamientos con un descanso de 30 segundos entre ellos. Tras la evaluación del lanzamiento se realizó la familiarización con los test isométricos e incrementales de fuerza: martillo y un paso (Figura 1 y 2). En primer lugar, se realizó un calentamiento específico que consistió en 2 series de 5 repeticiones del martillo y el paso con el DEMF tanto con el lado dominante como no dominante. Se considera pie dominante con el cual se golpea un balón y brazo dominante con el que se escribe. Para el test del martillo, se registró el rango de movimiento realizado en el calentamiento, y con este, se realizó un test isométrico de 8 segundos en el 50% del recorrido realizado para registrar la fuerza isométrica máxima (FIM). Se realizó un test incremental para el test del martillo y el test del paso tanto con lado dominante como no dominante, se comenzó con el 30% de la FIM en el ejercicio del martillo y con el 10% del peso corporal (PC) para el ejercicio de un paso. El incremento intraserie de la carga para el test del paso se modificó según el peso corporal (2kg <60kg PC; 3kg 60-80kg PC; 4kg 81-100kg PC; 5kg >100kg PC) y para el test del martillo el incremento fue de 2kg. En la segunda sesión, se realizó el mismo protocolo de evaluación de los test de fuerza medidos con el DEMF. Todas las pruebas se ejecutaron

hasta el fallo o hasta que no se pudo mantener la técnica del ejercicio, considerando la amplitud de movimiento de la primera repetición y la técnica correcta en cada ejercicio como guía. El tiempo de descanso entre ejercicios fue de 3 minutos.

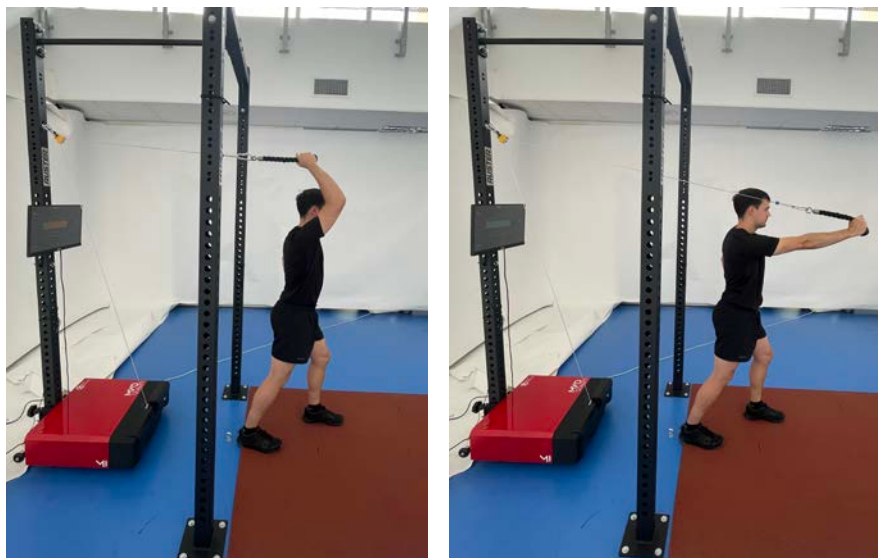


Figura 1. Ejecución del test de martillo unilateral.



Figura 2. Ejecución del test de un paso.

Test del Martillo Unilateral

El test consistió en simular una ejecución de lanzamiento. La posición inicial fue con el pie contrario al brazo ejecutor adelantado, cogiendo el agarre con una mano por encima de la cabeza, con una flexión de hombro hasta alcanzar la flexión completa manteniendo el codo con una ligera flexión (10-15%) medido con un goniómetro (Tutoy Profesional 360 Grado). Se le pidió al sujeto que realizará una extensión de hombro lo más rápido posible extendiendo el codo.

Test de un Paso

La posición inicial fue con un pie adelantado y ambos pies separados a la anchura de las caderas. El test consistió en avanzar el pie contrario lo más rápido posible y volver a la posición inicial de manera controlada. El participante estaba sujeto al dinamómetro con un cinturón en la cadera.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se consideró el mejor lanzamiento y la media de los 3 realizados. Las variables fueron analizadas con el test de normalidad Shapiro-Wilk. Se realizó el análisis de correlación de Pearson entre la velocidad de lanzamiento y las variables de fuerza del martillo (fuerza isométrica pico y media, fuerza pico y media del test incremental, y fuerza pico y media de la última repetición del test incremental) y el paso (fuerza pico y media del test incremental, y fuerza pico y media de la última repetición del test incremental). Se siguió la escala cualitativa propuesta por Hopkins et al. (2009) donde se clasifica la magnitud de los valores del ICC, siendo los valores cercanos a 0.1 de baja fiabilidad, 0.3 de moderada, 0.5 de alta, 0.7 de muy alta, y los cercanos a 0.9 de extremadamente alta. El nivel de significancia para los análisis estadísticos fue $p < 0.05$.

Resultados

Todas las variables seguían una distribución normal. Los datos descriptivos de velocidad de lanzamiento se presentan en la Tabla 1. El test de Pearson mostró una correlación moderada entre la velocidad máxima de lanzamiento y la fuerza isométrica media del martillo con el brazo dominante ($r = 0.548$, $p = 0.05$) (Tabla 2). Además, se encontró una correlación alta entre la velocidad máxima de lanzamiento y el test incremental del paso con la pierna dominante, en concreto con la fuerza pico de la última repetición ($r = 0.628$, $p = 0.02$) y la fuerza media del test ($r = 0.568$, $p = 0.04$) (Tabla 2). No se encontraron correlaciones entre el test incremental del martillo y la velocidad de lanzamiento ($r \leq 0.223$).

Tabla 1. Velocidad de lanzamiento, fuerza del test de martillo unilateral y del test de un paso ($n = 13$).

Variables	Media $\pm$ DE
Velocidad máxima de lanzamiento (km/h)	97.72 $\pm$ 6.95
Velocidad media de lanzamiento (km/h)	96.29 $\pm$ 7.20
Fuerza máxima test del martillo D (kg)	18.58 $\pm$ 2.60
Fuerza máxima test del martillo ND (kg)	20.34 $\pm$ 4.62
Fuerza media test del martillo D (kg)	15.33 $\pm$ 2.84
Fuerza media test del martillo ND (kg)	15.58 $\pm$ 2.60
Fuerza máxima test de un paso D (kg)	57.26 $\pm$ 19.08
Fuerza máxima test de un paso ND (kg)	58.52 $\pm$ 17.29
Fuerza media test de un paso D (kg)	22.15 $\pm$ 5.32
Fuerza media test de un paso ND (kg)	22.09 $\pm$ 4.97

DE = Desviación estándar; km/h = Kilómetros/hora; D = Dominante; ND = No dominante

Tabla 2. Correlaciones entre velocidad máxima de lanzamiento con el test isométrico del martillo unilateral y con el test del paso con pierna dominante (n = 13).

	Correlación de Pearson (r)
Fuerza media ISO MU DOM – Velocidad máxima de lanzamiento	0.548*
Fuerza pico ISO MU DOM – Velocidad máxima de lanzamiento	0.370
Fuerza media ISO MU ND – Velocidad máxima de lanzamiento	0.297
Fuerza pico ISO MU ND – Velocidad máxima de lanzamiento	-0.039
Fuerza pico Paso – Velocidad máxima de lanzamiento	0.413
Fuerza media Paso – Velocidad máxima de lanzamiento	0.568*
Fuerza pico Paso UR – Velocidad máxima de lanzamiento	0.628*
Fuerza media Paso UR – Velocidad máxima de lanzamiento	0.457
DOM = Brazo dominante; ND = Brazo no dominante; MU = Martillo unilateral; ISO = Isométrica; UR = Última repetición Correlación significativa al nivel $p < 0.05$ (*)	

Discusión

La presente investigación tenía como objetivo estudiar la relación entre la fuerza específica en balonmano, medida con DEMF (test del martillo y test de un paso), y la velocidad de lanzamiento en apoyo. Los principales hallazgos del estudio revelaron: (i) relaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento pico y la fuerza isométrica media del martillo unilateral con el brazo dominante, y (ii) relaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento pico y el paso con la pierna dominante. Por tanto, estos hallazgos sugieren que los test de fuerza específica con DEMF propuestos, tienen una relación directa con la velocidad de lanzamiento de los jugadores, lo que supone un primer avance en este ámbito.

Los resultados obtenidos están en consonancia con investigaciones que han relacionado positivamente los niveles de fuerza y la velocidad de lanzamiento. Ortega-Becerra et al. (2018), determinaron los factores más importantes del lanzamiento en balonmano en jugadores de diferentes edades, concluyendo que la velocidad de lanzamiento está fuertemente asociada con la fuerza del tren inferior, la fuerza del tren superior, el salto y el sprint, sugiriendo la necesidad de incluir programas de entrenamiento específicos de la fuerza para mejorar la velocidad de lanzamiento. Aguilar-Martínez et al. (2012) encontraron que la combinación de entrenamiento técnico-táctico con el método de fuerza basado en el contraste estado-dinámico aumentaba los parámetros de velocidad de lanzamiento. Chelly et al. (2010) demostraron de forma específica la importancia de la fuerza del tren inferior en la velocidad de lanzamiento, al igual que el presente estudio, en el que se han encontrado correlaciones significativas entre el test de paso y la velocidad de lanzamiento. Otros estudios, han utilizado ejercicios genéricos de la fuerza (press de banca) para relacionarlos con la velocidad de lanzamiento (Marqués et al., 2007) y han realizado programas de entrenamiento de la fuerza basados en ejercicios genéricos (press de banca, media sentadilla, pull over, etc.) encontrando mejoras en la velocidad de lanzamiento (Cherif et al., 2016).

Sin embargo, esta investigación trata de incluir el DEFM como herramienta de evaluación y entrenamiento al mismo tiempo, buscando fórmulas para reproducir gestos de manera natural, que sean aplicables al rendimiento y a la prevención de lesiones de los deportistas (Appleby et al., 2019; Chaabene et al., 2018; de Hoyo et al., 2016; Madruga-Parera et al., 2022; Raya-González et al., 2020; Wagner et al., 2019). En esta línea de gestos más específicos al juego, se están utilizando los dispositivos inerciales como método de entrenamiento de la fuerza (O' Brien et al., 2022; Piqueras-Sanchiz et al., 2020). Madruga-Parera et al. (2022) evaluaron a jugadores jóvenes de balonmano, encontrando mejoras significativas tras la utilización de dispositivos inerciales, en la velocidad de lanzamiento, en el salto con contramovimiento unilateral y en los cambios de dirección repetidos (8 x 10 m). Maroto-Izquierdo et al. (2017) obtuvieron

mejoras en la fuerza dinámica máxima, la potencia, la altura de salto vertical y el sprint (20 m) en jugadores profesionales de balonmano. En el metaanálisis realizado por Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz (2017), se concluye que el entrenamiento con dispositivos inerciales muestra mejoras significativas en la fuerza, potencia e hipertrofia de sujetos sanos y entrenados. Sin embargo, en el metaanálisis realizado por Vicens-Bordas et al. (2018) no se encontraron mejoras significativas de fuerza tras el entrenamiento con dispositivos inerciales en sujetos no entrenados y físicamente activos.

Hasta el momento, el entrenamiento y la evaluación con DEFM en balonmano se encuentra en fase de desarrollo. En la investigación realizada por Martínez-García et al. (2021) con un trabajo de preactivación de miembros superiores para comprobar sus efectos en la velocidad de lanzamiento, no se obtuvieron mejoras significativas, aunque sí, se encontraron muchas diferencias individuales entre jugadoras. A pesar de ello, los DEFM se han ido utilizando en otros contextos con resultados muy satisfactorios para el estudio de la fuerza isométrica en mujeres (Dote-Montero et al., 2022; Jerez-Mayorga et al., 2020) y para estudiar el efecto de un programa de entrenamiento de 12 semanas en mujeres que han sufrido cáncer de pecho (Soriano-Maldonado et al., 2019).

Ante la escasa literatura científica para poder relacionar con balonmano, de acuerdo a las variables controladas, fuerza y velocidad de lanzamiento con DEMF, la comparación se realiza con otras disciplinas y con métodos más tradicionales de entrenamiento de la fuerza. En un estudio realizado por González-Badillo et al. (2015) con jugadores de fútbol, realizando un programa de resistencia basado en la velocidad, encontraron que la velocidad con una carga moderada y pocas repeticiones por serie, podría ser un método adecuado para mejorar el rendimiento físico en miembros inferiores. Por otro lado, Rauch et al. (2018) observaron que un programa de fuerza y velocidad, con diferentes cargas de trabajo entre series mejora el rendimiento muscular en jugadoras de voleibol universitarias. Estos resultados se podrían asociar a los presentes hallazgos de que los entrenamientos de fuerza más específicos generan un gran beneficio en cuanto a velocidad y precisión para la ejecución del lanzamiento.

Conclusiones

Se puede concluir que la fuerza desarrollada en los ejercicios realizados con DEFM (martillo unilateral y paso) se relaciona con la velocidad de lanzamiento. Por tanto, se abren nuevas vías de investigación para seguir diseñando ejercicios con DEFM y entrenar específicamente la fuerza con estos dispositivos, permitiendo una evaluación y entrenamiento en condiciones funcionales, proporcionando así una mejora en el trabajo específico de fuerza, y solucionando el problema del trabajo de fuerza específico y su aplicación al gesto real.

Aplicaciones prácticas

Alguna de las aplicaciones prácticas que se pueden extraer de este trabajo están orientadas a la especificidad tanto del entrenamiento como de la evaluación. El acercamiento a las situaciones reales del juego es algo que va a influir positivamente en el proceso de mejora del rendimiento del jugador de balonmano. Por lo tanto, el utilizar dispositivos que permitan evaluar y entrenar a la vez en situaciones específicas es algo que debería extenderse entre los profesionales del deporte. A la luz de los resultados obtenidos, estas tareas investigadas deben formar parte del conjunto de medios utilizados para mejorar tanto la velocidad de salida del balón como otras acciones determinantes del rendimiento en balonmano (ejemplo: fintas con desplazamiento, cambios de dirección, desplazamientos con salto, etc.).

Author Contributions: conceptualización, investigación, metodología, análisis estadístico, preparación del manuscrito, redacción-revisión y edición, J.A.S.; conceptualización, investigación, redacción-revisión y edición, L.R.O.; conceptualización, investigación, metodología, redacción-revisión, edición y supervisión, L.J.C.R.; conceptualización, investigación, redacción-revisión y edición, R.E.L.Z.; conceptualización, investigación, redacción-revisión y edición, B.J.B.B.; conceptualización, investigación, metodología, redacción-revisión, edición y supervisión, I.C.R.; conceptualización, investigación, metodología, redacción-revisión, edición y supervisión, A.R.P.; conceptualización, investigación, metodología, análisis estadístico, preparación del manuscrito, redacción-revisión, edición y supervisión, M.D.M.A. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Referencias

- Aguilar-Martínez, D., Chiroso-Ríos, L. J., Martín-Tamayo, I., Chiroso-Ríos, I. J., & Cuadrado Reyes, J. (2012). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(48), 729-744. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/11259>
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., & Newton, R. U. (2019). Specificity and transfer of lower-body strength: Influence of bilateral or unilateral lower-body resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 318-326. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002923>
- Chaabene, H., Prieske, O., Negra, Y., & Granacher, U. (2018). Change of direction speed: Toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(8), 1773-1779. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0907-3>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480-1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Cherif, M., Chtourou, H., Souissi, N., Aouidet, A., & Chamari, K. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393-398. <https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>
- Chiroso-Ríos, L. J., Cuevas-Aburto, J., Martínez-García, D., Ulloa-Díaz, D., Andrades-Ramírez, O. A., Martínez-Martin, I., & García-Ramos, A. (2021). Reliability of throwing velocity during non-specific and specific handball throwing tests. *International Journal of Sports Medicine*, 42(9), 825-832. <https://doi.org/10.1055/a-1273-8630>
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1380-1387. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624>
- Dote-Montero, M., Pelayo-Tejo, I., Molina-García, P., Carle-Calo, A., García-Ramos, A., Chiroso-Ríos, L. J., Chiroso-Ríos, I. J., & Amaro-Gahete, F. J. (2022). Effects of post-tetanic potentiation induced by whole-body electrostimulation and post-activation potentiation on maximum isometric strength. *Biology of Sport*, 39(2), 451-461. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.106153>
- Ferragut, C., Vila, H., Abalde, J. A., & Manchado, C. (2018). Influence of physical aspects and throwing velocity in opposition situations in top-elite and elite female handball players. *Journal of Human Kinetics*, 63, 23-32. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0003>
- Godbout, P. (1990). Observational strategies for the rating of motor skill. Theoretical and practical implications. En M. Lirette, C. Paré, J. Dessureault, & M. Pieron, *Physical Education and Coaching: Present State and outlook for the future*. Presses de l'Université du Québec à Trois-Rivières.
- González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J. L., Del Ojo-López, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1329-1338. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000764>
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225-232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Jerez-Mayorga, D., Delgado-Floody, P., Intelangelo, L., Campos-Jara, C., Arias-Poblete, L., García-Verazaluce, J., García-Ramos, A., & Chiroso, L. J. (2020). Behavior of the muscle quality index and isometric strength in elderly women. *Physiology & Behavior*, 227, 113145. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113145>
- Jerez-Mayorga, D., Huerta-Ojeda, Á., Chiroso-Ríos, L. J., Guede-Rojas, F., Guzmán-Guzmán, I. P., Intelangelo, L., Miranda-Fuentes, C., & Delgado-Floody, P. (2021). Test-retest reliability of functional electromechanical dynamometer on five sit-to-stand measures in healthy young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6829. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136829>
- Krüger, K., Pilat, C., Uckert, K., Frech, T., & Mooren, F. C. (2014). Physical performance profile of handball players is related to playing position and playing class. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 117-125. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318291b713>

- Lesinski, M., Prieske, O., & Granacher, U. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781-795. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095497>
- Madruga-Parera, M., Bishop, C., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Beato, M., Gonzalo-Skok, O., & Romero-Rodríguez, D. (2022). Effects of 8 weeks of Isoinertial vs. Cable-Resistance Training on motor skills performance and interlimb asymmetries. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(5), 1200-1208. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003594>
- Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects-a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708-1719. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891535>
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, 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, 133-143. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096>
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 943-951. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.004>
- Marques, M. C., Saavedra, F. J., Abrantes, C., & Aidar, F. J. (2011). Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: A short research report. *Journal of Human Kinetics*, 29A, 53-57. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0059-0>
- Marques, M. C., Van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414-422. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.4.414>
- Martínez-García, D., Rodríguez-Perea, A., Barboza, P., Ulloa-Díaz, D., Jerez-Mayorga, D., Chiroso, I., & Chiroso Ríos, L. J. (2020). Reliability of a standing isokinetic shoulder rotators strength test using a functional electromechanical dynamometer: Effects of velocity. *PeerJ*, 8, e9951. <https://doi.org/10.7717/peerj.9951>
- Martínez-García, D., Rodríguez-Perea, Á., Huerta-Ojeda, Á., Jerez-Mayorga, D., Aguilar-Martínez, D., Chiroso-Rios, I., Ruiz-Fuentes, P., & Chiroso-Rios, L. J. (2021). Effects of pre-activation with variable intra-repetition resistance on throwing velocity in female handball players: A methodological proposal. *Journal of Human Kinetics*, 77, 235-244. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0022>
- Miranda-Fuentes, C., Chiroso-Ríos, L. J., Guisado-Requena, I. M., Delgado-Floody, P., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Changes in muscle oxygen saturation measured using wireless near-infrared spectroscopy in resistance training: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4293. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084293>
- Miranda-Fuentes, C., Guisado-Requena, I. M., Delgado-Floody, P., Arias-Poblete, L., Pérez-Castilla, A., Jerez-Mayorga, D., & Chiroso-Rios, L. J. (2020). Reliability of low-cost near-infrared spectroscopy in the determination of muscular oxygen saturation and hemoglobin concentration during rest, isometric and dynamic strength activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), E8824. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238824>
- Naisidou, S., Kepesidou, M., Kontostergiou, M., & Zapartidis, I. (2017). Differences of physical abilities between successful and less successful young female athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 17, 294-299. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.01044>
- Nevado-Garrosa, F., Torreblanca-Martínez, V., Paredes-Hernández, V., Del Campo-Vecino, J., & Balsalobre-Fernández, C. (2021). Effects of an eccentric overload and small-side games training in match accelerations and decelerations performance in female under-23 soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(3), 365-371. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11232-5>
- O' Brien, J., Browne, D., Earls, D., & Lodge, C. (2022). The efficacy of flywheel inertia training to enhance hamstring strength. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.3390/jfmk7010014>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & González-Badillo, J. J. (2018). Determinant factors of physical performance and specific throwing in handball players of different Ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1778-1786. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002050>
- Palamas, A., Zapartidis, I., Kidou, Z. K., Tsakalou, L., Natsis, P., & Kokaridas, D. (2015). The use of anthropometric and skill data to identify talented adolescent team handball athletes. *Journal of Physical Education and Sports Management*, 2(2), 174-183. <https://doi.org/10.15640/jpesm.v2n2a13>

- Piqueras-Sanchiz, F., Sabido, R., Raya-González, J., Madruga-Parera, M., Romero-Rodríguez, D., Beato, M., de Hoyo, M., Nakamura, F. Y., & Hernández-Davó, J. L. (2020). Effects of different inertial load settings on power output using a flywheel leg curl exercise and its inter-session reliability. *Journal of Human Kinetics*, 74, 215-226. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0029>
- Rauch, J. T., Loturco, I., Cheesman, N., Thiel, J., Alvarez, M., Miller, N., Carpenter, N., Barakat, C., Velasquez, G., Stanjones, A., Aube, D., Andersen, J. C., & De Souza, E. O. (2018). Similar strength and power adaptations between two different velocity-based training regimens in collegiate female volleyball players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(4), E163. <https://doi.org/10.3390/sports6040163>
- Raya-González, J., Castillo, D., & Beato, M. (2020). The flywheel paradigm in team-sports: A soccer approach. *Strength and Conditioning Journal*, 43(1), 12-22. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000561>
- Rodríguez-Perea, Á., Jerez-Mayorga, D., García-Ramos, A., Martínez-García, D., & Chiroso-Ríos, L. J. (2021). Reliability and concurrent validity of a functional electromechanical dynamometer device for the assessment of movement velocity. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Journal of Sports Engineering and Technology*, 235(3), 176-181. <https://doi.org/10.1177/1754337120984883>
- Sánchez-Sánchez, A. J., Chiroso-Ríos, L. J., Chiroso-Ríos, I. J., García-Vega, A. J., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Test-retest reliability of a functional electromechanical dynamometer on swing eccentric hamstring exercise measures in soccer players. *PeerJ*, 9, e11743. <https://doi.org/10.7717/peerj.11743>
- Seirul-lo-Vargas, F. (1993). *Preparación física aplicada a los deportes colectivos: Balonmano*. Centro Galego de Documentación e Edicions Deportivas.
- Seirul-lo-Vargas, F. (2009). Una línea de trabajo distinta. *RED: Revista de entrenamiento deportivo*, 23(4), 13-18.
- Soriano-Maldonado, A., Carrera-Ruiz, Á., Díez-Fernández, D. M., Esteban-Simón, A., Maldonado-Quesada, M., Moreno-Poza, N., García-Martínez, M. D. M., Alcaraz-García, C., Vázquez-Sousa, R., Moreno-Martos, H., Toro-de-Federico, A., Hachem-Salas, N., Artés-Rodríguez, E., Rodríguez-Pérez, M. A., & Casimiro-Andújar, A. J. (2019). Effects of a 12-week resistance and aerobic exercise program on muscular strength and quality of life in breast cancer survivors: Study protocol for the EFICAN randomized controlled trial. *Medicine*, 98(44), e17625. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017625>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Perceptual and motor skills*, 97(3 Pt 1), 731-742. <https://doi.org/10.2466/pms.2003.97.3.731>
- Van Muijen, A. E., Joris, Hub., Kemper, H. C. G., & Van Ingen Schenau, G. J. (1991). Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 2(2), 103-113. <https://doi.org/10.1080/15438629109511906>
- Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bandholm, T., & Thorborg, K. (2018). Is inertial flywheel resistance training superior to gravity-dependent resistance training in improving muscle strength? A systematic review with meta-analyses. *Journal of science and medicine in sport*, 21(1), 75-83.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: A review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(4), 808-816.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J. W., & von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in male team handball players and the relationship to general tests in team sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 1056-1064. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003026>