



**PROGRAMA DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN (B22.56.1)  
UNIVERSIDAD DE GRANADA**

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN FUNCIONAL PARA LA  
APLICACIÓN DE PROGRAMAS DE FUERZA EN EL PROCESO FORMATIVO DEL  
JUGADOR DE BALONMANO.**

**LORENZO RUIZ ORELLANA  
DIRECTOR TESIS: D. IGNACIO JESÚS CHIROSA RÍOS  
2024**

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Lorenzo Ruiz Orellana  
ISBN: 978-84-1195-223-1  
URI: <https://hdl.handle.net/10481/90313>

## DEDICATORIA

---



A mis padres, ejemplo de vida y de valores.

A mi familia, mis hijos, por su amor incondicional,...por sus consejos, paciencia, ánimos, acompañamiento... Me hacen ser mejor persona.

A mis amigos y a todos los que me ayudan en el día a día a perseguir mis sueños.

A mis alumnos, jugadores, entrenadores; `porque siempre me recuerdan lo importante que es la formación y seguir creciendo como profesional y persona.

A “aquel” que en los momentos más difíciles...simpre ha estado.



## **AGRADECIMIENTOS**

---



A mis tutores y acompañantes en este proceso de formación los Hermanos Ignacio y Luis Javier Chiroso, junto con todo el equipo de investigación que ha hecho posible esta tesis. Gracias por hacerme mejor persona y por hacerme creer que la investigación es un medio para cambiar y mejorar nuestro mundo. Gracias de corazón.

Gracias a todos los que me han ayudado en cada uno de los apartados en la consecución de cada uno de los estudios y de todo el proceso para obtener estos resultados. A toda la familia de PleoKinetic: Darío, Angela, María Dolores, Daniel....gracias de corazón.

Gracias a mi centro de trabajo, La Salle; compañeros, Club deportivo Balonmano Los Dólmenes, por permitirme espacios y tiempos para seguir formándome e ir cumpliendo los objetivos propuestos. Gracias de corazón.



## **INDICE**

---



<b>1.-ÍNDICE DE TABLAS.</b> .....	<b>20</b>
<b>2.-ÍNDICE DE FIGURAS.</b> .....	<b>24</b>
<b>3.-LISTADO DE ABREVIATURAS.</b> .....	<b>28</b>
<b>4.-RESUMEN DE LA TESIS.</b> .....	<b>32</b>
4.1.-PROPÓSITO.....	32
<b>5.-ABSTRACT OF THESIS.</b> .....	<b>38</b>
<b>6.-INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>43</b>
6.1.-BREVE DESCRIPCIÓN DEL BALONMANO Y SUS DEMANDAS ESPECÍFICAS. .....	43
6.2.-MARCO TEÓRICO. LA FUERZA COMO CUALIDAD FÍSICA FUNDAMENTAL EN BALONMANO.....	49
6.2.1.-Aproximación al concepto de Fuerza en Balonmano para su Evaluación. ....	49
6.2.2.-Concepto de Fuerza Muscular.....	50
6.2.3.-Fuerza desde el punto de vista mecánico y fisiológico: Factores que influyen. ....	52
6.2.4.-Fuerza desde el punto de vista de mecánico y fisiológico. Manifestaciones de la fuerza. ....	55
6.2.5.-Manifestaciones de fuerza desde un enfoque al entrenamiento. ....	64
6.3.-EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE DINAMOMETRÍA ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL. ....	67
6.3.1.- ¿Por qué utilizar este instrumento? De una evaluación genérica a una evaluación sobre gestos específicos del balonmano. ....	67

6.3.2.-Método para la mejora de la Evaluación de la fuerza específica en balonmano mediante DEMF: propuesta de una batería específica en balonmano.....	72
6.3.3.-Metodología en la forma y aplicación de la batería (aplicación en el estudio 2)...	73
<b>7.- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....</b>	<b>78</b>
7.1.-Objetivo específico estudio 1.....	78
7.2.-Objetivo específico estudio 2.....	78
7.3.-Objetivo específico estudio 3.....	78
<b>8.-HIPÓTESIS.....</b>	<b>82</b>
8.1.-Hipótesis Estudio 1.....	82
8.2.-Hipótesis Estudio 2.....	82
8.3.-Hipótesis Estudio 3.....	82
<b>9.-METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>86</b>
9.1.-METODOLOGÍA ESTUDIO 1.....	86
Materiales y Métodos.....	86
9.1.1.-Participantes.....	86
9.1.2.-Instrumentos.....	87
9.1.3.-Procedimientos.....	87
9.1.4.-Análisis estadístico.....	90
9.2.-METODOLOGÍA ESTUDIO 2.....	91
Materiales y métodos.....	91
9.2.1.-Participantes.....	91
9.2.2.--Diseño del estudio.....	91

9.2.3.-Instrumento.....	92
9.2.4.-Procedimientos de los Test.....	93
9.2.5.-Análisis estadísticos. ....	96
9.3.-METODOLOGÍA ESTUDIO 3.....	97
Materiales y métodos .....	97
9.3.1.-Participantes. ....	97
9.3.2.-Instrumentos. ....	97
9.3.3.-Procedimiento.....	97
9.3.4.-Análisis estadísticos. ....	99
<b>10.-RESULTADOS.....</b>	<b>102</b>
10.1.-RESULTADOS ESTUDIO 1. ....	102
10.2.-RESULTADOS ESTUDIO 2. ....	104
10.3.-RESULTADOS ESTUDIO 3. ....	108
<b>11.-DISCUSIÓN.....</b>	<b>112</b>
11.1.-DISCUSIÓN ESTUDIO 1. ....	112
11.2.-DISCUSIÓN ESTUDIO 2. ....	118
11.3.-DISCUSIÓN ESTUDIO 3. ....	122
<b>12.-CONCLUSIONES .....</b>	<b>128</b>
12.1.-CONCLUSIONES ESTUDIO 1. ....	128
12.2.-CONCLUSIONES ESTUDIO 2. ....	128
12.3.-CONCLUSIONES ESTUDIO 3. ....	128

<b>13.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>133</b>
13.1.-FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN. Estudio 1. ....	133
13.2.- FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN. Estudio 2. ....	133
13.3.- FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN. Estudio 3. ....	134
<b>14.-LIMITACIONES.....</b>	<b>137</b>
14.1.-LIMITACIONES ESTUDIO 1.....	137
14.2.-LIMITACIONES ESTUDIO 2.....	138
14.3.-LIMITACIONES ESTUDIO 3.....	138
<b>15.-REFERENCIAS.....</b>	<b>141</b>
<b>16.-ANEXOS.....</b>	<b>165</b>
16.1.-ANEXO 1. “TEST DEFENSIVO DE DOS PASOS EN JUGADORES DE BALONMANO: FIABILIDAD DE UN NUEVO TEST PARA EVALUAR LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO”. ....	165
16.2.-ANEXO 2. “FIABILIDAD TEST-RETEST DE TRES PRUEBAS DE FUERZA ESPECÍFICAS EN JUGADORES PROFESIONALES DE BALONMANO”.....	165
16.3.-ANEXO 3. “RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO Y LA FUERZA ESPECÍFICA EVALUADA A TRAVÉS DE DINAMOMETRÍA ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL (DEMF)”.....	165



## ÍNDICE DE TABLAS

---



## 1.-ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.-</b> Factores Intrínsecos de la Fuerza. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2002). .....	53
<b>Tabla 2.-</b> Factores Extrínsecos de la Fuerza. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2002). .....	54
<b>Tabla 3.-</b> Manifestaciones según la contracción muscular Vittori (1990) & Vélez (1991). ....	56
<b>Tabla 4.-</b> Clasificación manifestación de la fuerza en función de la tensión. Tomado de Tous (1999). ....	59
<b>Tabla 5.-</b> Clasificación manifestaciones de la fuerza según tensión. Tomado de Tous (1999). .....	60
<b>Tabla 6.-</b> Clasificación en función de la respuesta muscular. Tomado de Komi (2003); González-Badillo & Izquierdo (2013). ....	63
<b>Tabla 7.-</b> Fiabilidad test-retest de las mediciones de velocidad media y máxima (m·s <sup>-1</sup> ) proporcionada por el DEMF. ....	102
<b>Tabla 8.-</b> Fiabilidad de la pruebas. R = right ; L = left ; ES = effect size ; SD= standard deviation ; ICC = intraclass correlation coefficient ; CV = coefficient of variation ; SEM = standard error of measurement (Kg) ; 95% CI = 95% confidence interval.....	104
<b>Tabla 9.-</b> Velocidad de lanzamiento, tiempo de sprint, fuerza del test del martillo y del test de un paso (n = 13). ....	108
<b>Tabla 10.-</b> Correlaciones entre velocidad de lanzamiento con el test isométrico del martillo unilateral y con el test del paso con pierna dominante (n=13). DOM = Brazo dominante; NON = Brazo no dominante. MU = Martillo unilateral; ISO = Isométrica; UR = Última repetición. Correlación significativa al nivel 0.05 (*). ....	109



## ÍNDICE DE FIGURAS

---



## 2.-ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.-</b> Ciclo de Juego en Balonmano. Tomado de Antón García (1991). .....	44
<b>Figura 2.-</b> Demandas más determinantes en el juego en balonmano. Tomado de Karcher & Buchhelt (2014). .....	45
<b>Figura 3.-</b> Demandas más determinantes en el juego en balonmano. Tomado de Karcher & Buchhelt (2014). .....	46
<b>Figura 4.-</b> Acciones determinantes en función del puesto específico. Tomado de Garcia (2023). .....	46
<b>Figura 5.-</b> Clasificación de las manifestaciones de la fuerza: Tomado de González-Badillo y Gorostiaga (2002). .....	51
<b>Figura 6.-</b> Condicionantes de la Fuerza. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2002)..	55
<b>Figura 7.-</b> Definiciones del concepto fuerza. Tomado de Chiroso (2003). .....	62
<b>Figura 8.-</b> Características de la manifestación de la fuerza en el deporte. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2000). .....	64
<b>Figura 9.-</b> Valores de Fuerza Dinámica Máxima relativa: cuando la carga es inferior a la FIM o la FDM el Pico Máximo que se puede alcanzar será progresivamente menor. Modificado de González-Badillo & Gorostiaga (1995). .....	66
<b>Figura 10.-</b> Batería de test específica en balonmano. Tomado de Chiroso et al., (2022). .....	72
<b>Figura 11.-</b> Prueba defensiva de dos pasos. a) Posición inicial, b) un paso, c) dos pasos. ....	89
<b>Figura 12.-</b> Protocolo en el procedimiento de la batería de los test. ....	92
<b>Figura 13.-</b> Evaluación de UP (martillo) usando DEMF. Posición inicial (izquierda) y Posición final (derecha). .....	93

<b>Figura 14.-</b> Evaluación de paso adelante (SF) con DEMF. Posición inicial (izquierda) y posición final (derecha).....	94
<b>Figura 15.-</b> Evaluación de leñador (SL) con DEMF. Posición inicial (izquierda) y posición final (derecha). .....	94
<b>Figura 16.-</b> Test Isométricos e Incrementales de fuerza; UP y SF. ....	98
<b>Figura 17.-</b> Gráficos de Bland-Altman. a) 15 % BWO medio, b) 15 % BWO máx., c) 30 % BWO medio, d) 30 % BWO máx. ....	103
Figura 18.-Gráficos de Bland-Altman de test-retest para martillo. ....	105
<b>Figura 19.-</b> Gráficos de Bland-Altman de test-retest para leñador .....	106
<b>Figura 20.-</b> Gráficas de Bland-Altman de test-retest para paso adelante.....	106
<b>Figura 21.-</b> Comparación de la fiabilidad de los resultados del lado derecho e izquierdo entre la fuerza máxima y la fuerza media (panel superior) en UP, SL y SF, y fuerza máxima y fuerza media entre el lado derecho y el izquierdo en UP, SL y SF (panel inferior). .....	107

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

---



### 3.-LISTADO DE ABREVIATURAS.

<b>DEMF</b>	Dinamómetro electromecánico funcional
<b>SPC</b>	Sobrecarga del peso corporal
<b>TE</b>	Tamaño del efecto de Cohen
<b>CV</b>	Coefficiente de variación
<b>EEM</b>	Error estándar de medición
<b>CCI</b>	Coefficiente de correlación intraclase
<b>TDP</b>	Test Dos Pasos
<b>UP</b>	Martillo
<b>SL</b>	Leñador
<b>SF</b>	Paso adelante
<b>PC</b>	Peso corporal
<b>MCD</b>	Mínimo cambio detectable
<b>FIM</b>	Fuerza isométrica máxima
<b>GBPT</b>	Rendimiento basado en el Juego
<b>ATP</b>	Adenosín Trifosfato
<b>PC</b>	Fosfocreatina
<b>FDMR</b>	Fuerza Dinámica Máxima Relativa
<b>FDM</b>	Fuerza Dinámica Máxima
<b>CEA</b>	Ciclo Estiramiento Acortamiento
<b>UM</b>	Unidades Motoras
<b>PMF</b>	Pico Máximo de Fuerza
<b>RFD</b>	Fuerza en Unidad de Tiempo
<b>DOM</b>	Brazo dominante
<b>NON</b>	Brazo no Dominante
<b>MU</b>	Martillo Unilateral
<b>ISO</b>	Isométrico

- UR** Última Repetición
- RSM** Sprint repetido Multidireccional
- RSA** Sprint repetido

## **RESUMEN DE LA TESIS**

---



## **4.-RESUMEN DE LA TESIS.**

### **4.1.-PROPÓSITO.**

Como entrenador y después de muchos años llevando a equipos de base, así como de alto rendimiento, una cuestión que siempre me ha surgido era cómo tener claro qué porcentajes de fuerza aplicar en las plantillas de fuerza en los entrenamientos físicos, y cómo evaluar ese procedimiento para tener datos fiables para poder aplicar unos ejercicios adecuados en tiempo y forma. Además, que esos datos fueran obtenidos de gestos técnicos lo más parecidos a los del juego real en el deporte de balonmano. El tener la oportunidad de hacer una tesis me abrió la puerta a investigar cómo hacerlo a través de una idea: diseñar una herramienta de evaluación funcional para la aplicación de programas de fuerza en el proceso formativo del jugador de balonmano.

Después de un período de formación y de revisión de la literatura más importante al respecto, decidimos hacer varios estudios para darle sentido a los objetivos que nos propusimos en el diseño de esta batería, dando pequeños pasos en el desarrollo de la investigación y abriendo puertas para futuras investigaciones. El hecho de estar en un club de prestigio a nivel nacional y con una estabilidad en el tiempo, hace que se convierta en un laboratorio perfecto para el trabajo de campo, y así obtener datos para la consecución de estos estudios.

Las pruebas físicas pueden ser un medio valioso para identificar la condición de un jugador y ayudar en el diseño óptimo de programas de acondicionamiento o entrenamiento condicional específico (Szymanski, 2013; Van den Tillaar & Marques, 2011).

Sin embargo, paradójicamente, hasta la fecha, esta evaluación se ha realizado a través de pruebas no específicas que miden las diferentes habilidades a través de movimientos genéricos alejados de la realidad del juego, como la prueba de velocidad máxima (20m o 30m) que se

suele utilizar en balonmano (Hermassi, Chelly, et al., 2018). Esto implica la necesidad de encontrar mecanismos que permitan evaluar estos gestos de forma natural, extrapolándolos a otros factores de desempeño (Hermassi, Chelly, et al., 2018).

Hoy en día existe esta posibilidad de analizar gestos específicos gracias a la aparición de nuevos desarrollos tecnológicos. Estos desarrollos permiten adaptarse a los requerimientos reales de la práctica deportiva, como la dinamometría electromecánica funcional (DEMF). La validez y fiabilidad del DEMF ha sido demostrada en varios estudios previos bajo diversas condiciones (Jerez-Mayorga et al., 2021; Martínez-García et al., 2020; Rodríguez-Perea et al., 2019; Sánchez-Sánchez et al., 2021). Por esta razón, sería útil utilizar el DEMF para la creación de una batería de tests que evalúen estos gestos específicos lo más parecidos a las situaciones de juego real en balonmano.

El objetivo principal de la tesis fue crear una herramienta de evaluación de las diferentes manifestaciones de fuerza en los gestos técnicos de balonmano utilizando el dinamómetro electromecánico funcional (DEMF). Los objetivos específicos fueron:

Estudio I: (I) determinar la fiabilidad absoluta y relativa de TDP con un DEMF en la evaluación de la velocidad de desplazamiento del cuerpo y (II) comparar la fiabilidad absoluta y relativa de la velocidad media y la velocidad máxima del cuerpo y velocidad de desplazamiento.

Estudio II: determinar la fiabilidad absoluta y relativa de tres pruebas de fuerza específica en jugadores de balonmano con el uso de un dinamómetro electromecánico funcional (DEMF): martillo (UP), leñador (SL) y paso adelante o test de un paso (SF).

Estudio III: estudiar la relación entre la fuerza específica en balonmano, medida con Dinamometría Electromecánica Funcional (DEMF), y la velocidad de salida de balón o de lanzamiento en apoyo.

La metodología para los dos estudios primeros fue un diseño de medidas repetidas y para el tercer estudio un estudio transversal. En el primer estudio participaron dieciséis voluntarios varones jugadores de balonmano físicamente activos (edad  $21,4 \pm 2,1$  años, en el segundo catorce hombres jugadores de balonmano de la primera división española ( $28,79 \pm 4,81$  años;  $10,38 \pm 4,63$  años de experiencia profesional) y en el tercer estudio trece jugadores españoles de balonmano de élite fueron evaluados ( $28,77 \pm 4,81$  años,  $90,19 \pm 13,07$  kg y  $1,86 \pm 0,10$  m).

Los principales resultados de la tesis fueron: (estudio I); fiabilidad absoluta tuvo una repetitividad estable para el protocolo del 15% de SPC para la velocidad media y para la velocidad máxima en ambos protocolos, con un CV inferior al 10% en casi todos los casos. La fiabilidad relativa de los diferentes protocolos de velocidad para evaluar la velocidad media y la velocidad máxima fue aceptable (CCI entre 0,48 y 0,79); (estudio II); las pruebas proporcionaron una alta fiabilidad o una fiabilidad aceptable para la fuerza media y máxima de UP, SL y SF (rango CCI = 0,83–0,97; rango CV = 3,90–11,57). El tamaño de efecto (TE) fue insignificante en cualquiera de los parámetros, excepto por un lado de desviación pequeño (TE) en la fuerza máxima izquierda para UP y un TE pequeño en el lado izquierdo para SF; (estudio III): se encontraron relaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento pico y la fuerza isométrica media del ejercicio de martillo unilateral con el brazo dominante ( $r = 0,548$ ,  $p = 0,05$ ), y relaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento pico y el paso con la pierna dominante ( $r = 0,628$ ,  $p = 0,02$ ).

La conclusión es que el DEMF es un buen instrumento de evaluación para los objetivos propuestos en los tres estudios y desde una perspectiva práctica, estos resultados confirman que el DEMF podría ser aplicable a evaluar el rendimiento físico en el balonmano, y que proporciona a investigadores y profesionales información al mismo tiempo que en el entrenamiento regular en el gimnasio. Además, la sesión de entrenamiento se puede configurar dependiendo del objetivo diario del jugador y según el nivel o exigencia de la carga semanal.



## ABSTRACT OF THESIS

---



## 5.-ABSTRACT OF THESIS.

As a coach, and after many years of coaching both grassroots and high performance teams, a question that has always arisen for me was how to be clear about what percentages of strength to apply in the strength templates in physical training, and how to evaluate this procedure in order to have reliable data to be able to apply adequate exercises in time and form. In addition, that these data were obtained from technical gestures as close as possible to those of the real game in the sport of handball. Having the opportunity to do a thesis opened the door to investigate how to do it through an idea : to design a functional evaluation tool for the application of strength programs in the training process of the handball player.

After a period of training and review of the most important literature on the subject, we decided to conduct several studies to make sense of the objectives we set out in the design of this battery, taking small steps in the development of research and opening doors for future research. The fact of being in a prestigious club at a national level and with stability over time, makes it a perfect laboratory for field work, and thus obtain data for the achievement of these studies.

Physical tests can be a valuable means to identify the condition of a player and help in the optimal design of conditioning programs or specific conditioning training (Szymanski, 2013; Van den Tillaar & Marques, 2011).

However, paradoxically, to date, this evaluation has been performed through non-specific tests that measure the different skills through generic movements far from the reality of the game, such as the maximum speed test (20m or 30m) that is usually used in handball (Hermassi, Chelly, et al., 2018). This implies the need to find mechanisms that allow to evaluate these gestures in a natural way, extrapolating them to other performance factors (Hermassi, Chelly, et al., 2018).

Today there is this possibility of analyzing specific gestures thanks to the emergence of new technological developments. These developments make it possible to adapt to the real requirements of sports practice, such as functional electromechanical dynamometry (DEMF). The validity and reliability of DEMF has been demonstrated in several previous studies under various conditions (Jerez-Mayorga et al., 2021 ; Martinez-Garcia et al., 2020; Rodriguez-Perea et al., 2019; Sánchez-Sánchez et al., 2021). For this reason, it would be useful to use the DEMF for the creation of a battery of tests that evaluate these specific gestures as close as possible to real handball game situations.

The main objective of the thesis was to create a tool for the evaluation of the different manifestations of strength in handball technical gestures using the functional electromechanical dynamometer (DEMF). The specific objectives were :

Study I : (I) to determine the absolute and relative reliability of TDP with a DEMF in the evaluation of body displacement velocity and (II) to compare the absolute and relative reliability of average velocity and maximum body velocity and displacement velocity.

Study II: to determine the absolute and relative reliability of three specific strength tests in handball players with the use of a functional electromechanical dynamometer (DEMF): hammer (UP), lumberjack (SL) and step forward or one step test (SF).

Study III : to study the relationship between specific strength in handball, measured with Functional Electromechanical Dynamometry (FEMD), and ball exit or throwing speed in support.

The methodology for the first two studies was a repeated measures design and for the third study a cross-sectional study. Sixteen physically active male handball player volunteers participated in the first study (age  $21.4 \pm 2.1$  years, in the second study fourteen male Spanish first division handball players ( $28.79 \pm 4.81$  years ;  $10.38 \pm 4.63$  years of professional

experience) and in the third study thirteen Spanish elite handball players were evaluated (28.77  $\pm$  4.81 years, 90.19  $\pm$  13.07 kg and 1.86  $\pm$  0.10 m).

The main results of the thesis were : (study I) ; absolute reliability had a stable repeatability for the 15% SPC protocol for average speed and for maximum speed in both protocols, with a CV below 10% in almost all cases. The relative reliability of the different velocity protocols for assessing mean velocity and maximum velocity was acceptable (ICC between 0.48 and 0.79); (study II); the tests provided high reliability or acceptable reliability for UP, SL and SF mean and maximum force (ICC range = 0.83-0.97; CV range = 3.90-11.57). The effect size (ES) was insignificant for any of the parameters, except for a small deviation side (TE) on the left maximal strength for UP and a small TE on the left side for SF; (study III): significant relationships were found between peak throwing velocity and mean isometric strength of the unilateral hammer exercise with the dominant arm ( $r = 0.548$ ,  $p = 0.05$ ), and significant relationships between peak throwing velocity and the step with the dominant leg ( $r = 0.628$ ,  $p = 0.02$ ).

The conclusion is that the DEMF is a good assessment tool for the objectives proposed in the three studies and from a practical perspective, these results confirm that the DEMF could be applicable to assess physical performance in handball, and that it provides researchers and professionals with information at the same time as in regular training in the gym. In addition, the training session can be configured depending on the daily objective of the player and according to the level or demand of the weekly load.



# INTRODUCCIÓN

---

## **6.-INTRODUCCIÓN.**

### **6.1.-BREVE DESCRIPCIÓN DEL BALONMANO Y SUS DEMANDAS ESPECÍFICAS.**

El balonmano es un deporte profesional, entró a formar parte de los juegos olímpicos (en su forma actual) desde 1972 y se ha vuelto cada vez más popular en las últimas décadas. En Europa, se pueden encontrar ligas profesionales en más de 15 países (por ejemplo, Alemania, España, Francia, Croacia, Serbia, Dinamarca, etc...), con más de 200 jugadores por liga.

Se puede considerar al balonmano como “un deporte de cooperación-oposición en el que el desarrollo de la acción de un equipo es de colaboración entre sus componentes, pero se da siempre ante la oposición directa del otro equipo” (Hernández, 1995).

Como deporte colectivo, y debido a sus habilidades motrices y físicas en su desarrollo, podría encuadrarse dentro de cualquiera de los ámbitos de la actividad física y del deporte, ya sea la rama educativa, lúdica o competitiva.

El balonmano es un deporte puramente Técnico-Táctico, tanto individual como colectivo, y sus características especiales crean un ciclo de juego con unas peculiaridades específicas que dependen del reglamento con relación a los espacios, metas y la relación que hay entre oponentes y compañeros, por lo que lo hacen muy dinámico (Antón García, 1991) (Figura 1).

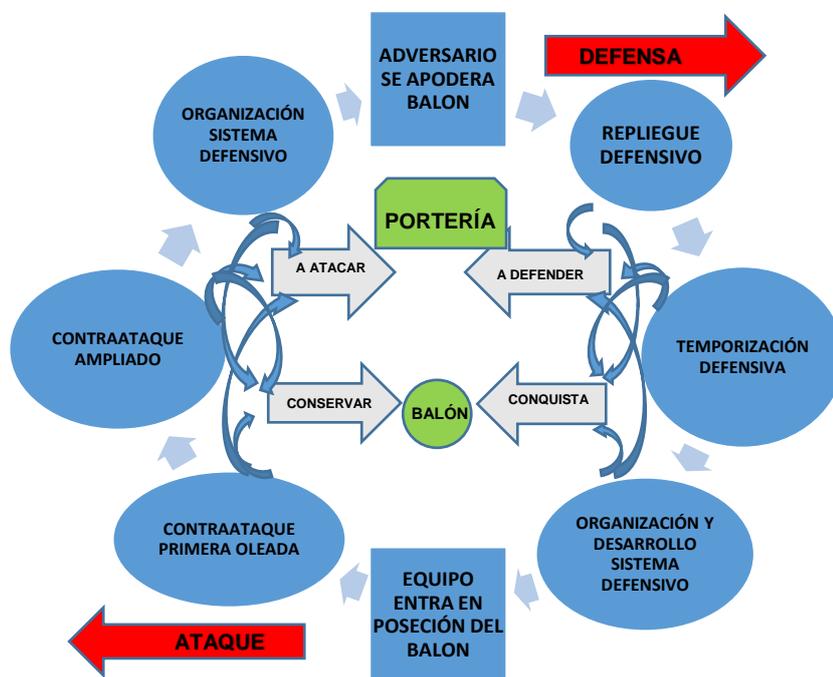


Figura 1.-Ciclo de Juego en Balonmano. Tomado de Antón García (1991).

Si se analiza el juego de balonmano a través del tiempo se puede observar que, en su evolución, este deporte ha alcanzado niveles muy altos de condición física. El deporte exige que los jugadores sean cada vez más rápidos, más fuertes y necesitan estar en una muy buena condición física (Maurelli et al., 2002). A la vez los deportistas, en esta mejora condicional, estarían más protegidos ante las posibles lesiones, no sólo porque un estado de forma óptima reduce su riesgo, sino porque también se invierte más tiempo en tareas relacionadas con la protección del deportista (Gabbett, 2016).

El balonmano como deporte colectivo tiene unas características que lo hacen especial en relación con las reglas y fases del juego (Jukic et al., 2011), de ahí que el rendimiento del balonmano dependa de la programación y tareas que se adecuen al modelo de juego establecido por el entrenador y las exigencias propias del deporte (Karcher & Buchhelt, 2014).

Estas demandas y tareas deben ser trabajadas en momentos de forma individual y en función del puesto específico o de las demandas condicionales particulares del jugador (Figura 2 y 3) (Karcher & Buchhelt, 2014). Imágenes tomadas de Vallejo (2020).

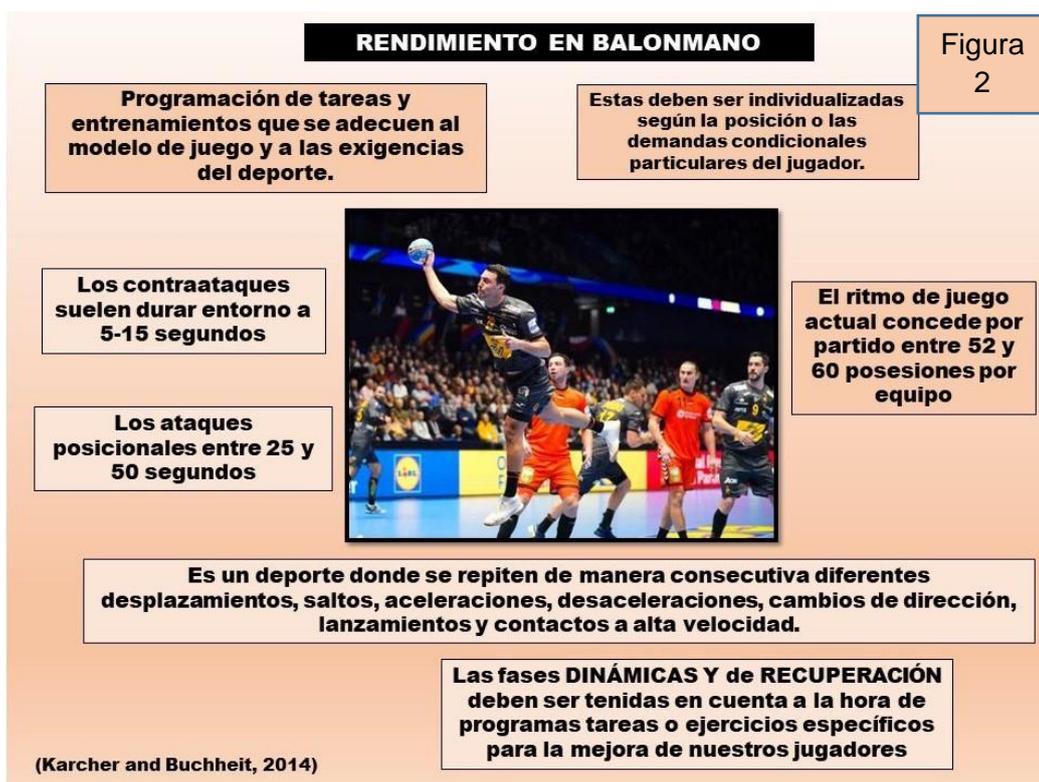


Figura 2.-Demandas más determinantes en el juego en balonmano. Tomado de Karcher & Buchhelt (2014).

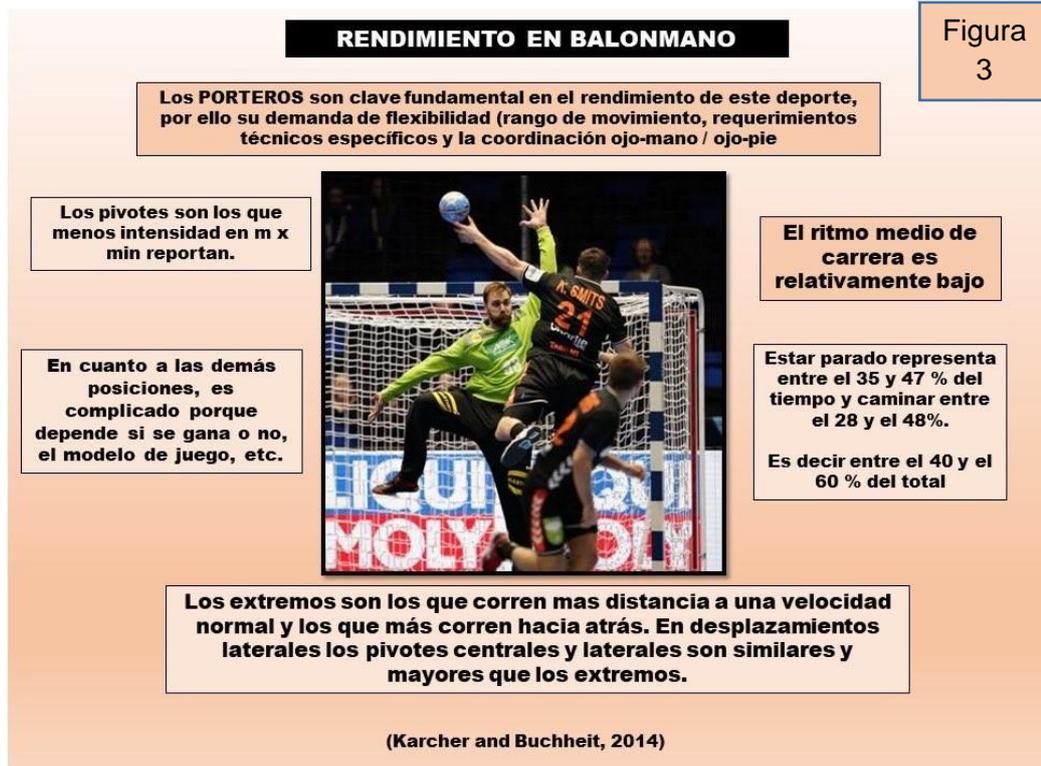


Figura 3.-Demandas más determinantes en el juego en balonmano. Tomado de Karcher & Buchheit (2014).



Figura 4.-Acciones determinantes en función del puesto específico. Tomado de Garcia (2023).

Las variables físicas y fisiológicas de los jugadores de balonmano varían en función de sus posiciones de juego, llamados “puestos específicos” y éstos “requieren altos niveles de capacidades aeróbicas y anaeróbicas, velocidad y agilidad, por lo que el puesto específico

desempeña un papel determinante de las demandas que se imponen a los jugadores durante un partido” (Póvoas et al., 2012) (Figura 4).

En el balonmano femenino, “las jugadoras de balonmano de élite demuestran un rendimiento excepcional en cada partido y una capacidad fisiológica de adaptación alta, lo que indica que estos dos factores son fundamentales para el éxito en los niveles más altos de competición de balonmano por equipos” (Michalsik et al., 2013).

La demanda en el rendimiento de los partidos es muy alta en las diferentes manifestaciones de la resistencia, así como de la fuerza (potencia aeróbica o  $\dot{V}O_2$  máx, Fuerza y Potencia muscular), y así mismo muestran un nivel más bajo de agilidad (Michalsik et al., 2014). Lo que lleva a pensar en buscar mejoras adicionales en la agilidad para optimizar el rendimiento. Además, la alta concentración máxima de lactato en sangre, en determinados momentos de partido, y la respuesta de la frecuencia cardíaca durante los esfuerzos máximos sugieren que las jugadoras de balonmano deben concentrarse en optimizar su condición física de base en el plano cardiovascular para evitar la fatiga crónica durante los partidos que limite el rendimiento (Ortega et al., 2020) y mejorar además los procesos de recuperación entre intervalos de alta intensidad.

Así podemos decir que “en función del puesto específico y del sexo, las demandas físicas, antropométricas y fisiológicas son distintas” (Kluzenaar et al., 2017; Ortega et al., 2020).

Como es bien sabido, el balonmano es un deporte donde se produce contacto físico continuamente por lo que exige que los jugadores sean más rápidos, más altos y fuertes para competir en un deporte intermitente, como se ha mencionado anteriormente, con un elevado número de acciones de alta intensidad y con contacto corporal duro (Karcher & Buchheld, 2014). Con el objetivo de permitir a los jugadores mantener el ritmo de la competición, se emplean altos niveles de fuerza que permite lanzar más veloz sin interferir o perder precisión,

saltar más alto y profundo, desplazarse más rápido, con un dominio exhaustivo del ciclo de pasos, con cambios de ritmo y dirección, y todo ello manteniendo un alto grado de oposición (Kniubaite et al., 2019; Manchado et al., 2021b, 2021a; Michalsik et al., 2013, 2014; Pueo et al., 2021). La presencia de oposición directa exige que además de poseer alto nivel técnico y táctico, la velocidad sea un factor de rendimiento determinante en la competición (Hermassi et al., 2019; Hermassi, Wollny, et al., 2019; Wagner et al., 2016).

El dominio del espacio, la obligación de hacer una habilidad en el mínimo tiempo a la máxima velocidad en las acciones culminantes, son variables que van a estar muy presentes en el juego y, por ende, en la preparación de éste. Todos estos factores enunciados espacio, tiempo y velocidad, son dependientes de la fuerza como cualidad física fundamental que el jugador es capaz de manifestar en sus diferentes expresiones (Hermassi, Ghaith, et al., 2019; Wagner et al., 2014). La fuerza se convierte, por tanto, en una capacidad física de vital importancia en el juego de balonmano, cualidad física fundamental en el desarrollo condicional del deportista que tendrá una clara influencia en su destreza técnico-táctica, y así lo entienden los entrenadores e investigadores del tema que se dedican a este deporte (Chirosa-Rios et al., 1999, 2000, 2002).

## **6.2.-MARCO TEÓRICO. LA FUERZA COMO CUALIDAD FÍSICA FUNDAMENTAL EN BALONMANO.**

### **6.2.1.-Aproximación al concepto de Fuerza en Balonmano para su Evaluación.**

Desde que el deporte de balonmano ha evolucionado a lo largo de la historia, son muchos los intentos de su estudio tanto en lo físico como en lo técnico-táctico, y de la misma forma, la evolución en las formas de entender e interpretar los entrenamientos, utilizando distintas formas de evaluar todas estas variables que hacen que el deporte mejore.

El deporte del balonmano ha avanzado mucho en la preparación física y en la mejora de la condición física de los jugadores, es decir, para que sean más rápidos, más fuertes y pasen más tiempo en un estado óptimo de forma (Maurelli et al., 2002). Y además, esta preparación hace que el número de lesiones sea menor, no sólo porque un estado de forma óptima reduce su riesgo (Gabbett, 2016); sino porque también se aumentan las tareas relacionadas con la protección del deportista.

La exigencia física y fisiológica del balonmano hace que la fuerza tome un papel relevante, para así mantener el ritmo de competición, que permite lanzar más veloz sin interferir o perder precisión, saltar más alto y profundo, desplazarse más rápido, con un dominio exhaustivo del ciclo de pasos, con cambios de ritmo y dirección, y todo ello manteniendo un alto grado de oposición (Kniubaite et al., 2019; Manchado et al., 2021b, 2021a; Michalsik et al., 2013, 2014; Pueo et al., 2021). La presencia de oposición directa exige que además de poseer alto nivel técnico y táctico, la velocidad, como expresión final del conjunto de cualidades físicas, sea un factor de rendimiento determinante en la competición (Hermassi, Ghaith, et al., 2019a; Hermassi, Wollny, et al., 2019; Wagner et al., 2016).

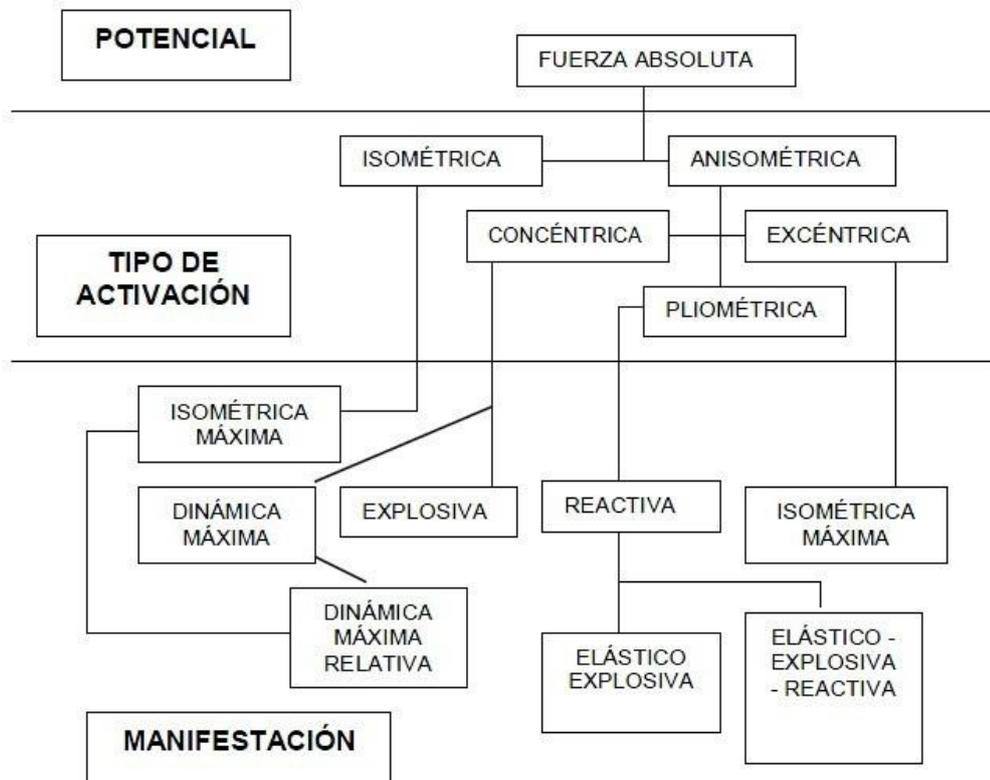
En los siguientes apartados se profundizará sobre el concepto de fuerza y sus manifestaciones para de esa manera obtener respuesta de cuál es la mejor manera para evaluar la misma y como ésta afecta al juego de balonmano.

### **6.2.2.-Concepto de Fuerza Muscular.**

En este apartado se profundizará sobre el concepto de fuerza que permita hacer una evaluación de aquello que más interesa para el deporte y el rendimiento a lo largo de las diferentes etapas de formación, que no es otra cosa que evaluar los aspectos más cercanos al gesto real de competición y los que influyen en su realización. Esta cualidad es la base del resto de cualidades condicionales, llegando al extremo de afirmar que “la Fuerza es la única capacidad condicional o, visto desde otra perspectiva, es el pilar o cimiento sobre la que se apoyan las demás capacidades condicionales” (Cometti, 1999). El fundamento es que, con la palabra Fuerza definimos la funcionalidad del sistema muscular humano y es el músculo, el que por su capacidad de contracción es capaz de producir fuerza que se manifiesta macroscópicamente en unas determinadas condiciones.

Estas manifestaciones de la fuerza determinan las formas de evaluar en balonmano y su evolución, y la tecnología ha jugado un papel fundamental en cómo evaluar éstas. “Unas veces definidas como velocidad y otras como resistencia, pero no son otra cosa que una determinada manera de evaluación más o menos acertada de la fuerza muscular, generadora de aquella situación observada” (Seirullo, Cometti, 1998).

“La fuerza es fundamental en el ámbito deportivo por su influencia en la ejecución técnica, la velocidad de realización del gesto técnico, y la resistencia y la misma valoración del entrenamiento” (González-Badillo, Gorostiaga, 2002).



**Figura 5.-**Clasificación de las manifestaciones de la fuerza: Tomado de González-Badillo y Gorostiaga (2002).

### **6.2.3.-Fuerza desde el punto de vista mecánico y fisiológico: Factores que influyen.**

El concepto de fuerza engloba la capacidad del músculo para generar tensión al activarse. Esta capacidad está influenciada por varios elementos estructurales, incluida la interacción entre los puentes cruzados de miosina y los filamentos de actina, la cantidad de sarcómeros dispuestos en paralelo, la fuerza o tensión específica que puede producir una fibra muscular por unidad de sección transversal, la longitud de la fibra y el músculo, y el tipo de fibra. Además, factores de naturaleza neuronal, como el número de unidades motoras activas, contribuyen a la fuerza general (Gorostiaga, 2002).

Los factores que contribuyen a la generación de fuerza muscular incluyen la frecuencia de estimulación en las motoneuronas que controlan las fibras musculares, la activación de los sarcómeros y los factores facilitadores e inhibidores de la activación neuromuscular. Estos aspectos fundamentales están íntimamente ligados a las propiedades mecánicas del músculo, como el ángulo articular en el que se genera la tensión, la longitud inicial del músculo, el tipo de activación y la velocidad de movimiento. Estos factores determinan en última instancia la tensión muscular producida. Además, la fuerza ejercida por un músculo esquelético también está influenciada por la longitud del músculo durante la generación de tensión y los cambios de longitud con el tiempo (velocidad de contracción) (González Badillo & Izquierdo, 2002).

**Tabla 1.-Factores Intrínsecos de la Fuerza. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2002).**

<b>FACTORES INTRÍNSICOS DE LA FUERZA MUSCULAR</b>
<p><b>Tamaño del músculo:</b> los músculos con un área de sección transversal mayor producen más fuerza porque tienen más sarcómeros. Esta relación no es directa porque depende de otros factores como la orientación de las fibras musculares con respecto al eje del tendón (ángulo de penación). Cuanto menor es el ángulo, más eficientemente se transmite la fuerza al tendón.</p>
<p><b>Bioquímica Muscular:</b> un mayor número de mitocondrias en los músculos generarán los ATP necesarios para producir tensión. Los músculos pueden contener mayores o menores cantidades de sustratos como ATP, PC, Glucógeno, etc. y según esto estarán preparados para un determinado tipo de esfuerzo.</p>
<p><b>Perfil de tipo de fibra:</b> Las células musculares tienen diferentes tipos de velocidad de acortamiento y les permiten producir mayor o menor tensión, este perfil lo determina el uso (entrenamiento), pero también hay una determinación genética. La velocidad de acortamiento de las fibras musculares está determinada por el tipo de neurona motora que inerva el músculo.</p>

**Tabla 2.-Factores Extrínsecos de la Fuerza. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2002).**

<b>FACTORES EXTRÍNSICOS DE LA FUERZA MUSCULAR</b>
<p><b>Tamaño Corporal:</b> De aquí nace el concepto de fuerza relativa y absoluta. Este factor también debemos considerar cuando midamos la fuerza. Como lo que medimos por fuerza habitualmente es la manifestación de ella, se puede medir mediante un aparato externo como un dinamómetro donde el peso corporal es indiferente entre diferentes sujetos o bien podemos medirlo en un gesto motriz que implique el desplazamiento corporal como el salto por ejemplo, donde el peso corporal jugará un rol importante en los resultados de nuestra medición.</p>
<p><b>Curva de longitud-tensión:</b> La fuerza generada por un músculo está influida por la longitud inicial de este, ya que el músculo es capaz de generar más tensión en longitudes intermedias de estiramiento (longitud sarcomérica más eficiente de 2,0 a 2,2<math>\mu</math> aproximadamente), no así en alargamiento o acortamiento.</p>
<p><b>Mecanismos neuromusculares:</b> El sistema nervioso permite la generación de tensión de forma más o menos eficaz. Así, la coordinación intramuscular permite que cuando las fibras musculares de un músculo se contraen, lo hagan de forma sincrónica para producir la máxima tensión posible, mientras que cuando un músculo se contrae, en condiciones normales, nunca todas las fibras lo hacen al mismo tiempo. También es necesario considerar la coordinación intermuscular, que permite la correcta alternancia de contracción y relajación de los músculos agonistas y antagonistas. Este fenómeno es importante al comparar sujetos con experiencia motora previa con sujetos inactivos en los que estos mecanismos son menos efectivos.</p>



**Figura 6.-**Condicionantes de la Fuerza. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2002).

#### **6.2.4.-Fuerza desde el punto de vista de mecánico y fisiológico. Manifestaciones de la fuerza.**

Grosser & Muller (1989), consideran la fuerza como la capacidad del sistema neuromuscular de superar resistencias a través de la actividad muscular (trabajo concéntrico), de ser superada por las resistencias (trabajo excéntrico), o bien de mantenerlas (trabajo isométrico).

Vittori (1990) & Vélez (1991), hacen una clasificación de la fuerza en función de cómo es la contracción muscular, haciendo que ésta se manifieste de múltiples formas.

Tabla 3.-Manifestaciones según la contracción muscular Vittori (1990) & Vélez (1991).

Vittori (1990) & M. Vélez (1991), Manifestación según la contracción muscular
<p>➤ <b>Manifestación <i>estática</i> de la fuerza.</b> (No hay movimiento externo, aunque sí interno)</p> <p><u>Manifestación Estática o Fuerza Isométrica Máxima:</u> el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insalvable.</p> <p><u>Manifestación Estática Submáxima o Fuerza Isométrica Submáxima:</u> el sujeto realiza una contracción voluntaria submáxima contra una resistencia superable.</p>
<p>➤ <b>Manifestación <i>activa</i> de la fuerza.</b> Es el efecto de la fuerza producido por un ciclo simple de trabajo muscular.</p> <p><u>Manifestación Máxima Dinámica:</u> es aquella que aparece al mover, sin limitación de tiempo, la mayor carga posible, en un sólo movimiento.</p> <p><u>Manifestación Máxima Dinámica Relativa:</u> máxima fuerza expresada ante resistencias inferiores a la FMD. Equivale al valor máximo de fuerza que se puede aplicar con cada porcentaje de la FDM o de la FIM.</p> <p><u>Fuerza Inicial:</u> La capacidad de exhibir la mayor fuerza posible al comienzo de la acción muscular y durante un corto período de tiempo. Es la fuerza generada durante los primeros 30-50 milisegundos (Siff &amp; Verkhoshansky, 2000). Está determinada por el gradiente inicial (gradiente Q), es decir, la derivada de la fuerza con respecto al tiempo cuando el gradiente es cero, tal como ocurre en la primera acción muscular (condición isométrica).</p> <p><u>Fuerza de aceleración:</u> La capacidad de un músculo para exhibir tensión muscular lo más rápido posible una vez que comienza la actividad muscular. Schmidtbleicher (1992) lo llamó fuerza explosiva.</p> <p><u>Fuerza Explosiva Máxima:</u> La capacidad de ejercer la máxima fuerza en el menor tiempo posible. Se calcula dividiendo el coeficiente de fuerza máxima alcanzada por el tiempo necesario para alcanzar ese valor (gradiente J). También conocido como Explosive Performance Index (IMF), se puede calcular a lo largo de toda la curva f-t.</p>

➤ **Manifestación *reactiva* de la fuerza. Ciclo Acortamiento Estiramiento (CEA).**

***Fuerza Elástico-Explosiva:*** *al igual que la potencia máxima (movimiento más rápido y potente posible), el componente elástico (preestiramiento muscular) juega un papel fundamental y se produce cuando la fase excéntrica no se realiza a alta velocidad, debido a los largos desplazamientos angulares de los segmentos implicados.*

***Fuerza Reflejo-Elástico-Explosiva:*** *aparece junto a lo anterior un componente de facilitación neural que es el efecto de reflejo miotático, que aparece debido al ciclo de estiramiento acortamiento (CEA), mucho más rápido y con una fase de transición muy corta. Esta participación refleja hace que aumente el número de UM, permitiendo desarrollar gran tensión en un corto periodo de tiempo.*

El sistema nervioso y su forma de conexión con la musculatura determinan el tipo de tensión y tipos o manifestaciones de fuerza, dependiendo de factores como unidades motoras conectadas, tamaño del músculo y el entrenamiento.

Para Harman (1993), “la fuerza es la habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, tipo de activación (concéntrica, excéntrica, isométrica, pliométrica) y la velocidad del movimiento.

Kroemer (1999), define la fuerza muscular como “la capacidad de un músculo de generar y transmitir tensión en la dirección de sus fibras”.

El concepto de fuerza es el resultado del esfuerzo coordinado de los músculos, impulsado por procesos eléctricos dentro del sistema nervioso. Históricamente, la fuerza se ha descrito como la capacidad de un músculo o grupo de músculos en particular para producir una acción física dentro de ciertos parámetros (Siff & Verkhoshansky, 2000). Otra forma de definir la fuerza es la capacidad de los músculos para alterar la forma de un objeto o influir en su aceleración,

como iniciar o detener el movimiento, aumentar o disminuir la velocidad o alterar su curso (González-Badillo, 2002)

Para González-Badillo (2000), “la fuerza muscular es la capacidad de un músculo para iniciar o detener el movimiento de una parte del cuerpo, aumentar o disminuir su velocidad, o forzar un cambio de dirección”.

De forma más mecánica, algunos autores la han utilizado para identificar la fuerza máxima y su máxima tensión para un músculo en relación con su longitud del brazo de palanca (la distancia perpendicular de la línea de acción de la fuerza al centro de rotación de la articulación) mediante la realización de ciertos movimientos, por ejemplo, la flexión del codo, la extensión de rodilla, etc. (Komi, 2003; Degache et al., 2010).

Respecto a la “tensión”, Komi (1986), explica muy bien cómo se produce la misma de forma fisiológica, y cómo esa activación del músculo produce una contracción (movimiento) al recibir el impulso eléctrico, liberando energía (calor) y agua, lo que dará lugar a la unión - desplazamiento de los filamentos de actina y miosina, en el sentido de acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa.

Tous se centra en la “tensión muscular” para clasificar las diferentes manifestaciones de la fuerza y “la importancia de comprender cómo se comporta el músculo en las diversas manifestaciones de la fuerza en una contracción, y su efecto sobre el movimiento” (Tous, 1999).

**Tabla 4.-Clasificación manifestación de la fuerza en función de la tensión. Tomado de Tous (1999).**

<b>Tous (1999) manifestaciones de la fuerza en tres niveles según tensión:</b>
<b>Manifestaciones estáticas:</b> en este tipo de manifestaciones existe un trabajo metabólico a nivel intramuscular y no existe trabajo mecánico. En esta manifestación incluye a la fuerza isométrica.
<b>Manifestaciones activas:</b> el efecto de esta manifestación de fuerza es de un ciclo, simple y positivo, no se presenta un contramovimiento. Estas manifestaciones incluyen la fuerza máxima y submáxima, la fuerza dinámica y la fuerza explosiva máxima.
<b>Manifestaciones reactivas:</b> la producción de fuerza es por un ciclo de doble trabajo muscular o un trabajo con el ciclo-estiramiento-acortamiento

Esta tensión muscular puede ser estudiado desde tres puntos claves: duración, intensidad y frecuencia. Variables esenciales para planificar y preparar los entrenamientos.

**Tabla 5.-Clasificación manifestaciones de la fuerza según tensión. Tomado de Tous (1999).**

<b>Tous (1999) manifestaciones de la fuerza según la Tensión: duración, intensidad y frecuencia</b>
<p><b>Tónica:</b> Se produce al tratar de vencer una gran resistencia a través de una significativa y prolongada acción muscular isométrica (estática) o anisométrica (dinámica). La velocidad con la que se desarrolla no tiene trascendencia, es lenta o nula. La fuerza manifestada está al límite de las posibilidades del sujeto. González y Gorostiaga (1995) la sitúan entre el 80-85% y el 100% de la capacidad del sujeto en la posición o ángulo en el que se realiza el esfuerzo.</p>
<p><b>Fásica:</b> Se refiere al trabajo muscular dinámico desarrollado en ejercicios que requieren una producción de tensión muscular de una determinada magnitud. Este tipo de ejercicios suele incluir movimientos cíclicos donde cada ciclo incluye su propio ritmo de cambio de acción muscular, relajación y frecuencia de repetición.</p>
<p><b>Fásica - Tónica:</b> Ocurre cuando se pasa de un trabajo dinámico a otro estático o viceversa.</p>
<p><b>Explosivo - Tónica:</b> Se trata de vencer una resistencia significativa, inferior a la que se produce en una tensión tónica, en torno al 50% y el 80% de la fuerza máxima isométrica en el ángulo en el que se produce la máxima tensión. La acción muscular es concéntrica, pero con un componente inicial isométrico que dependerá de la magnitud de la carga. Se consigue un elevado pico de fuerza máxima hacia el final del movimiento, aunque en algunos momentos se pierde el contacto con el objeto o resistencia, y la fuerza aplicada disminuye.</p>
<p><b>Explosivo - elástica o explosivo – balística:</b> acción muscular que tiene lugar cuando se trata de vencer una resistencia relativamente pequeña. La fuerza se manifiesta antes que, en el caso anterior, hacia el principio o el medio del desarrollo de la tensión, y con un PMF mayor, pero después comienza a disminuir, hasta ser claramente inferior al propio cuerpo, por lo que se debe mantener cierta velocidad pero si aceleración. El término balístico indica que a la acción concéntrica del movimiento suele venir precedida de un estiramiento previo relativamente prolongado. La</p>

**resistencia a superar en el este tipo de tensión estaría siempre por debajo del 50% de la fuerza máxima isométrica en el ángulo en el que se produce la máxima tensión.**

*Explosivo - reactivo - elástica o explosivo- reactiva - balística:* también se podría cambiar el término *reactivo* por *refleja*, dada la importancia que adquiere el reflejo de estiramiento en la manifestación de este tipo de fuerza. Tiene las mismas características que la tensión elástico-explosiva, pero con la particularidad de que aquí el estiramiento previo es muy intenso, rápido y más claro que en el caso anterior. Se produce un cambio más rápido entre la fase concéntrica y la excéntrica. El PMF se produce antes, es más elevado y dura menos tiempo. Los gestos en los que aparece serían los mismos que en el caso anterior, pero la diferencia reside en las características del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA).

*Veloz - acíclica:* tiene lugar cuando la fuerza utilizada se va a emplear en vencer una resistencia externa despreciable. El músculo se activa con una sola tensión. Las tensiones veloces acíclicas pueden considerarse como variantes de tensiones explosivas, con cargas ligeras o sin cargas adicionales.

*Veloz - cíclica:* Los tipos de tensión cíclica requieren que el nivel del resultado del trabajo se mantenga durante cada ciclo repetido de tensión. Se precisa de una capacidad altamente desarrollada de los músculos para relajarse después de cada movimiento de trabajo en dichas condiciones.

Centrándonos en el gesto deportivo, aparece el concepto de “Fuerza útil”, que es aquella fuerza que somos capaces de aplicar o manifestar en la velocidad con la que se realiza el gesto deportivo, buscando que ésta sea siempre la máxima. Un deportista tiene distintos niveles de fuerza útil en función de la velocidad con la que la aplica (Knuttgen & Kraemer, 1987).

Y en el gesto deportivo también aparece otro concepto muy importante, que es el tiempo de aplicación de esa fuerza, variable que luego se convertirá esencial en los entrenamientos.” La fuerza de un deportista también se puede definir como la máxima tensión manifestada por el músculo en un tiempo determinado “(González & Gorostiaga, 1995).



Figura 7.-Definiciones del concepto fuerza. Tomado de Chiroso (2003).

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, aparecen nuevas definiciones:

Según Komi (2003) “la fuerza según el tipo de contracción muscular producida, la resistencia a vencer o superar, da lugar a diferentes manifestaciones de la fuerza consideradas tanto en el entrenamiento deportivo, como en la mejora de la capacidad para personas sanas como para personas con salud comprometida”

Bosco (2000); Siff & Verkhoshansky (2000), la definen como una capacidad funcional de acción conjunta del sistema nervioso y muscular para generar tensión. González-Badillo & Gorostiaga (2002), definen la fuerza como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse, o como se entiende habitualmente, al contraerse.

Boeckh-Behrens & Buskies (2005), definen la fuerza como la capacidad del sistema neuromuscular para superar obstáculos (de forma concéntrica y dinámica), contrarrestarlos (de forma excéntrica y dinámica) o sostenerlos (de forma estática o isométrica); con el objetivo de mejorar la salud, la forma física y el rendimiento deportivo. Para otros autores es “la capacidad física básica que nos permite crear una tensión muscular en un simple esfuerzo máximo para

vencer una oposición o sobrecarga y está condicionada por la estructura del aparato locomotor y depende en parte de la estructura muscular” (Zubillaga et al., 2015).

**Tabla 6.-Clasificación en función de la respuesta muscular. Tomado de Komi (2003); González-Badillo & Izquierdo (2013).**

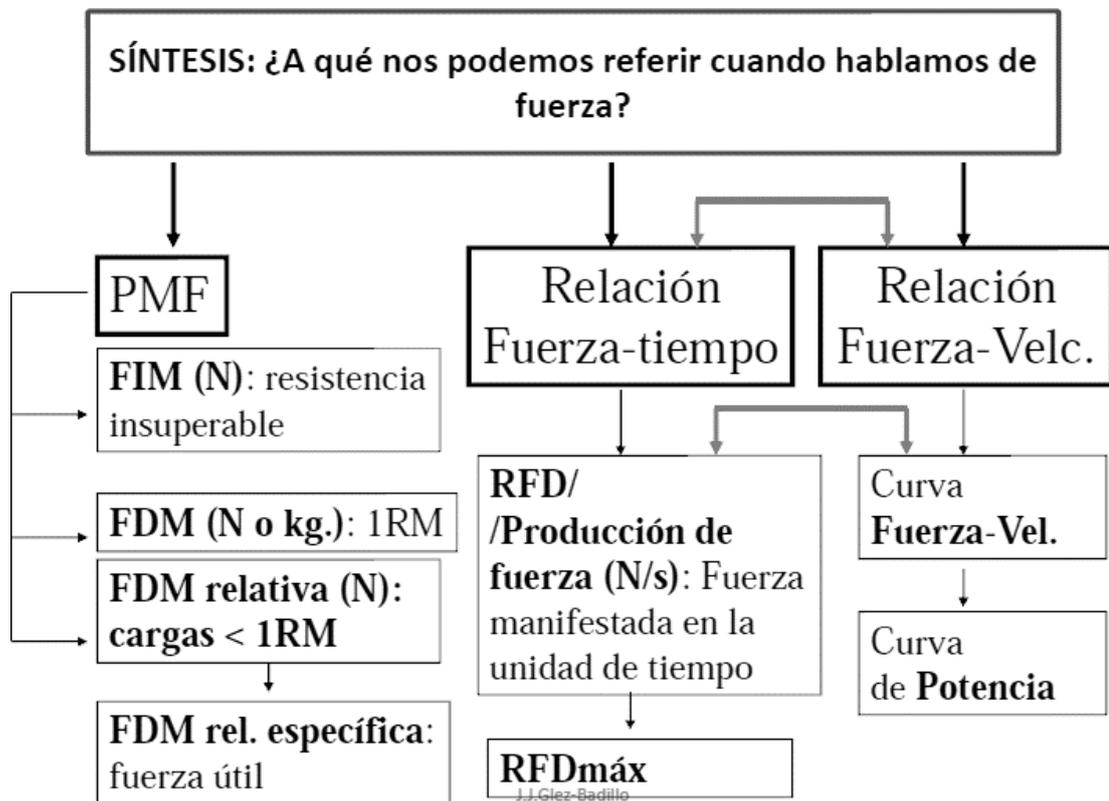
<b>Komi (2003) y González-Badillo &amp; Izquierdo, (2013). Clasificación en función de la respuesta muscular</b>
<p><b>- El acortamiento o la acción dinámica concéntrica (superación de la resistencia externa, la fuerza externa actúa de manera contraria del movimiento).</b></p>
<p><b>- El alargamiento/estiramiento o la acción dinámica excéntrica (hay una cesión ante la resistencia externa, la fuerza externa actúa en el mismo sentido que el movimiento).</b></p>
<p><b>- Mantenimiento de su longitud o acción isométrica (la tensión fuerza muscular es equivalente a la resistencia externa, no existe movimiento ni, por supuesto, trabajo mecánico).</b></p>

Las acciones musculares durante el movimiento pueden dar lugar a tres tipos de acciones diferentes. Komi (2003) y González-Badillo & Izquierdo (2013), clasifican las diferentes manifestaciones de la fuerza de acuerdo con las acciones musculares:

Cuando las tres acciones se producen de manera continua en este orden: excéntrica-isométrica-concéntrica, y el tiempo de transición entre la fase excéntrica y concéntrica es muy corto, daría lugar a una acción múltiple denominada Ciclo Estiramiento Acortamiento (CEA) (Komi, 2003; González-Badillo & Izquierdo, 2013).

### 6.2.5.-Manifestaciones de fuerza desde un enfoque al entrenamiento.

En la siguiente figura, aparecen las manifestaciones de la fuerza en acciones estáticas y dinámicas concéntricas según su autor González-Badillo (2000). Aparecen todos los elementos significativos para el rendimiento, que pueden ser evaluados mediante diferentes instrumentos de compleja tecnología. Por tanto, se considera una visión pragmática de las manifestaciones de fuerza en el deporte.



**Figura 8.-**Características de la manifestación de la fuerza en el deporte. Tomado de González-Badillo & Izquierdo (2000).

Siguiendo la clasificación planteada por Badillo (2000), obtenemos los valores adecuados para realizar los estudios en “cómo voy a evaluar” mediante la DINAMOMETRIA FUNCIONAL.

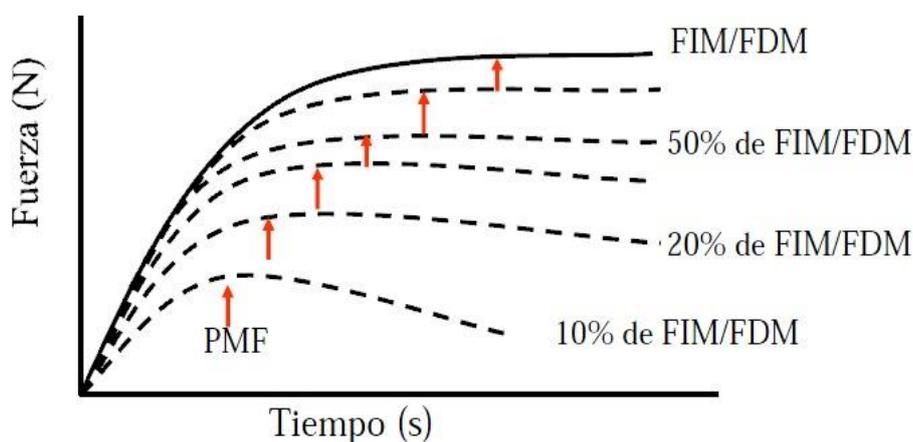
**Pico máximo de fuerza (PMF).**

Indica el máximo valor de fuerza alcanzada en una determinada acción motriz. Este valor puede tener varias denominaciones:

**Fuerza isométrica máxima (FIM).** Esta es la máxima fuerza voluntaria ejercida cuando no se puede vencer la resistencia. Si se dispone de instrumentación adecuada, las mediciones de esta fuerza producirán curvas f-t isométricas o estáticas. La fuerza se mide en N

**Fuerza dinámica máxima (FDM).** Es el valor de fuerza en el que la resistencia solo puede moverse una vez. Esta fuerza se expresa en N. Las mediciones con instrumentos apropiados proporcionan curvas f-t dinámicas. Este valor se llama 1RM

**Fuerza dinámica máxima relativa (FDM relativa).** Es el valor de la fuerza que determina la máxima fuerza autónoma dinámica que un sujeto puede producir mientras resiste una resistencia o carga de menos de 1RM. Por lo tanto, un sujeto tendrá un solo valor de FDM, pero múltiples valores de FDM relativos, ya que se utilizan muchas cargas diferentes para medirlo. Las mediciones con los instrumentos adecuados nos proporcionarán diferentes curvas f-t dinámicas, cuya relación con la curva f-t FIM (también conocida como estática C f-t) puede informar las características del sujeto y su estado de salud actual (Badillo, 2000) (Figura 9).



**Figura 9.-**Valores de Fuerza Dinámica Máxima relativa: cuando la carga es inferior a la FIM o la FDM el Pico Máximo que se puede alcanzar será progresivamente menor. Modificado de González-Badillo & Gorostiaga (1995).

Fuerza útil o funcional. Este es el valor FDM relativo que aplica el sujeto cuando realiza una posición específica de competencia (por ejemplo, agarre, lanzamiento, salto vertical...). Este valor es clave por un lado como objetivo principal para la mejora del entrenamiento y por otro lado como elemento para evaluar el nivel de forma física. Por tanto, la fuerza útil es la principal referencia para organizar el propio entrenamiento (González Badillo, 2000).

El valor de la fuerza útil o funcional debe medirse en el gesto de competición. Como veremos más tarde y en los estudios realizados utilizando la dinamometría electromecánica funcional, se pueden establecer una relación entre las fuerzas aplicadas a los ejercicios y relacionarlos con los gestos deportivos, en este caso al balonmano. Las fuerzas ejercidas en la posición de competición se compararán con los resultados de FDM y los resultados relativos de FDM obtenidos en el ejercicio utilizado como prueba. La fuerza ejercida durante el juego se estima a partir del resultado del lanzamiento o de la distancia alcanzada o de cualquier otra prueba específica (González-Badillo, 2000).

En la literatura científica se define al entrenamiento de la fuerza como “método especializado del acondicionamiento físico el cual implica el uso progresivo de cargas de resistencia, diferentes velocidades de movimiento y una variedad de modalidades de entrenamiento que

incluyen máquinas de pesas, pesas libres (mancuernas), bandas elásticas, balones medicinales y ejercicios pliométricos” (Faigenbaum & Myer, 2012).

Por tanto, “el entrenamiento de fuerza se refiere a una metodología de entrenamiento que involucra varias técnicas de entrenamiento para conseguir un aumento progresivo de las cargas con el fin de mejorar la resistencia muscular, la fuerza y la potencia, así como también la masa muscular” (Myers, Beam & Fakhoury, 2017; Zwolski, Quatman-Yates & Paterno, 2017).

Es por ello, que los entrenadores sabemos de “la necesidad de la preparación física para mejorar la eficacia de cada una de las acciones, o sea: saltar más alto, llegar más rápido, recuperar antes y en el caso del balonmano se puede añadir: lanzar más fuerte. “La musculación es la que permite desarrollar esta explosividad. Es necesario, pues, ante todo, buscar y aumentar el impulso y la velocidad en una sola acción.”. “Sería erróneo pensar que toda la preparación termina aquí. Es necesario ser capaz de repetir estas acciones en el partido y vencer la fatiga” (Cometti, 2002).

### **6.3.-EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE DINAMOMETRÍA ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL.**

#### **6.3.1.- ¿Por qué utilizar este instrumento? De una evaluación genérica a una evaluación sobre gestos específicos del balonmano.**

Los jugadores de balonmano necesitan ser más rápidos, más altos y fuertes para competir en un deporte intermitente con una cantidad de acciones de alta intensidad con contacto corporal duro (Karcher & Buchheit, 2014), y moverse más rápido para superar situaciones de uno contra uno (Naisidou et al., 2017). El dominio del espacio, el tiempo y del ciclo de pasos, como forma específica de desplazamiento, dependen de la capacidad de producir fuerza en un corto tiempo y dominar todos los planos de movimiento (Wagner et al., 2014). Es importante saber llevar esta capacidad al terreno de juego en el momento adecuado (Ferragut et al., 2018).

En el rendimiento deportivo, el entrenamiento de fuerza persigue dos misiones principales, la protección contra lesiones y mejoras en el rendimiento (Faigenbaum et al., 2016). La evaluación de la fuerza, y hasta hace unos pocos años, era un continuo a partir de una metodología tradicional con ejercicios generales, por ejemplo, press de banca, remo sentado y sentadilla, y aunque este tipo de métodos son fiables para obtener datos condicionales de los jugadores en programaciones de entrenamiento de fuerza, está lejos del rendimiento específico en relación con los gestos propios del deporte (Wagner et al., 2019). Para mejoras específicas con gestos genéricos debe haber particularidades, por ejemplo, atletas jóvenes con poca experiencia en entrenamiento de fuerza (McQuilliam et al., 2020), porque los jugadores con una alta experiencia necesitan estímulos más específicos para mejorar su rendimiento (Morin et al., 2021). Los jóvenes deportistas están acostumbrados a hacer sólo un tipo de entrenamiento específico, pero necesitan aumentar el nivel de calidad muscular para el futuro (Faigenbaum et al., 2016). En estas edades tempranas lo principal es compaginar crecimiento muscular con ejercicios técnicos específicos para luego competir adecuadamente (McQuilliam et al., 2020)

El balonmano se caracteriza por numerosas acciones de alta intensidad que incluyen carreras de velocidad, saltar y lanzar entre otras habilidades y gestos específicos (Manchado et al., 2013; Ortega-Becerra et al., 2018). Lejos de la metodología de evaluación tradicional, estas acciones son comúnmente unilaterales, de hecho, estas acciones podrían producir diferentes adaptaciones neuromusculares y determinadas asimetrías (Iglesias-Caamaño et al., 2022).

En la mayoría de los casos, las pruebas generales no son sensibles y no reflejan la realidad del deporte, no dan información relevante sobre deportes de equipo, incluyendo el balonmano (Farley et al., 2020). De esa forma, el siguiente desafío sería crear herramientas sensibles para revisar si los resultados cumplen con los requisitos básicos del deporte. (Lidor et al., 2005).

Una vez puesta la base estructural, en el balonmano de alto nivel entre otros deportes es importante optimizar los programas de entrenamiento para obtener mayores mejoras (McQuilliam et al., 2020), por lo que habría que buscar formas de evaluar estos gestos específicos.

Los entrenadores y preparadores físicos modifican los parámetros de entrenamiento como dirección, variabilidad o especificidad para ganar fuerza en el vector adecuado al gesto deportivo (Morin et al., 2021). Todo proceso de formación debe ir acompañada de un procedimiento de evaluación de acuerdo con la propuesta para conocer si el programa está surtiendo efecto (Wagner et al., 2014). Además, según (Tereso et al., 2021) la evaluación se puede utilizar para discriminar entre diferentes niveles competitivos. Recientes estudios sugieren mejorar la calidad del proceso de evaluación con pruebas específicas de procedimientos (Zemková & Hamar, 2018). En balonmano y otros deportes de equipo, hay una brecha de pruebas específicas del deporte (Spasic M, et al., 2015), por lo tanto, todavía se utiliza la evaluación general para evaluar la condición física (Wagner et al., 2014).

Hoy en día, con un entorno más competitivo, es crucial construir estructuras físicas específicas de mediciones. Para aumentar la eficiencia, las pruebas de campo deben incluirse en el entrenamiento sin interferencias (Palamas et al., 2015).

Otra de las razones para buscar nuevas formas de evaluar es el poder identificar el talento en balonmano a través de las pruebas físicas. Es necesario utilizar medidas objetivas que puedan ser replicadas en diferentes momentos de tiempo. Existe una amplia investigación específica realizada con pruebas de campo sobre diferentes disciplinas de balonmano. Gestos Como la velocidad de lanzamiento, sprint o cambio de dirección (Hermassi et al., 2019).

La tecnología y su desarrollo han proporcionado el uso de diferentes dispositivos para medir y entrenar, por ejemplo, estudios realizados en balonmano con volante (Maroto-Izquierdo et al., 2022).

Sin embargo, paradójicamente, hasta la fecha, esta evaluación se ha realizado a través de pruebas no específicas que miden las diferentes habilidades a través de movimientos genéricos alejados de la realidad del juego, como la prueba de velocidad máxima (20m o 30m) que se suele utilizar en balonmano (Hermassi, Chelly, et al., 2018).

Recientemente, ha aparecido una prueba global para balonmano denominada Game Based Performance (GBPT), que está en línea con el enfoque de la realidad del juego y en la que se desarrollan acciones defensivas y ofensivas específicas (Wagner et al., 2016, 2018, 2020). Aunque es una aportación muy necesaria e interesante en el sentido de la aplicabilidad, son pruebas globales que no discriminan un gesto técnico concreto, en las que se producen desplazamientos muy cortos, como la salida defensiva para realizar un marcaje en el que la capacidad de aceleración de un jugador, una acción clave en el rendimiento del balonmano.

La aparición de nuevos desarrollos tecnológicos como la dinamometría electromecánica funcional ha abierto la posibilidad de analizar gestos específicos gracias a su adaptación a los requerimientos reales de la práctica deportiva (DEMF). Surge como una herramienta capaz de, simultáneamente, evaluar y entrenar los gestos deportivos, ofreciendo de forma sencilla e intuitiva, para el entrenador, datos útiles sobre fuerza, velocidad y potencia (Rodríguez-Perea et al., 2021). La validez y fiabilidad del DEMF ha sido demostrada en varios estudios previos bajo diversas condiciones (Jerez-Mayorga et al., 2021; Martínez-García et al., 2020; Rodríguez-Perea et al., 2019; Sánchez-Sánchez et al., 2021). Por esta razón, por ejemplo, sería útil utilizar La dinamometría funcional para la creación de un test específico que evalúe la velocidad de movimientos cortos en un gesto de juego como la salida defensiva en balonmano.

La salida defensiva es un gesto específico en Balonmano que se suele realizar con uno o dos pasos para evitar el desplazamiento del atacante por el marcaje.

Por todo lo anterior, proponemos el uso de la dinamometría electromecánica funcional, como nuevo instrumento de alta precisión para pruebas específicas de balonmano, para entrenar y para evaluar la condición física al mismo tiempo (Martínez-García et al., 2021).

Este desarrollo también permite 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, 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). Tienen la ventaja de recopilar datos precisos de manera segura y controlada simulando patrones específicos de movimiento, que es uno de los déficits de los dispositivos isocinéticos tradicionales utilizados principalmente en el ámbito clínico (Zemková & Hamar, 2018).

### 6.3.2.-Método para la mejora de la Evaluación de la fuerza específica en balonmano mediante DEMF: propuesta de una batería específica en balonmano.



**Figura 10.-Batería de test específica en balonmano.Tomado de Chiroso et al., (2022).**

La idea es pasar de evaluaciones de la fuerza de gestos generales a la evaluación de tareas más específicas, con una mayor transferencia en el juego. Recientemente se ha probado esta tecnología en balonmano, y se está empleando para validar test de control y propuestas novedosas de entrenamiento (Martínez-García et al., 2021).

### 6.3.3.-Metodología en la forma y aplicación de la batería (aplicación en el estudio 2).

#### ➤ **Desarrollo de la Batería**

La batería consta de cuatro ejercicios, uno del tren inferior, otro del tren superior y dos de Core (ver figura 10). Todos los ejercicios se pueden hacer de manera bilateral y tres de ellos de forma unilateral (con lo que podemos obtener índices de déficit bilateral, fuerza). De entre todos los modos que plantea el dispositivo, en este caso, sólo se ha usado el modo isométrico y el modo tónico (sólo en la fase concéntrica).

#### ➤ **Procedimiento**

Familiarización de dos semanas con la propia máquina o en tareas similares pero realizadas con poleas, gomas y cuerdas que permitan simular los ejercicios planteados como test de evaluación y donde se le explica el procedimiento que van a seguir y las forma de realizar las pruebas.

Calentamiento estandarizado antes de las pruebas, consistente en: 5 minutos de trote ligero, 5 minutos de movilidad articular, 5 minutos de fuerza trabajando las tareas a realizar al 40% de la carga a una velocidad controlada hasta llegar a la velocidad máxima de realización de la prueba, realizan 3 series de 10 repeticiones con descansos de 2 minutos.

Test isométrico: al trabajar en un modo libre el calentamiento, usando las tareas que se van a evaluar, sirve para conocer el rango de movimiento que tiene el deportista. Se establece el 50% de ese rango y se realiza una prueba isométrica de 8 segundos, ejerciendo la máxima fuerza que se pueda realizar en ese tiempo, en las tareas que se pueda se hace por los dos lados y con las dos manos. Se repite dos veces.

Test incremental en la serie: se dispone el dispositivo para que, en el modo tónico, se incremente la carga cada repetición (dependiendo de la tarea y del peso del individuo ese incremento será diferente). Se empieza con la carga del 30% que ha realizado la fuerza isométrica máxima y se le pide que realice el gesto a la máxima velocidad en la fase concéntrica y que vuelva lentamente.

### ➤ **Control de las variables**

Después de realizar la evaluación de cualquiera de las tareas, el dispositivo ofrece una cantidad enorme de datos sobre los que se puede trabajar. Entre las variables principales están: la fuerza, la velocidad, la potencia y todas ellas en su manifestación máxima, media, toda la curva, nivel de fatiga, los tiempos hasta los puntos que queramos destacar, relación entre diferentes tipos de fuerza, etc.

Se han fijado las siguientes variables: a) el rango de movimiento (se ha usado el modo libre); b) la velocidad de desplazamiento; c) la fuerza y d) la potencia. Las primeras dos variables el sujeto tiene que intentar mantenerlas lo más estables posibles a lo largo de la prueba, siempre realizado el gesto a la máxima velocidad posible, sin deformaciones aparentes; cuando se producía una variación fuerte significa que se modifica el patrón de movimiento y por lo tanto es una señal que considerar en el análisis de la prueba, para dejar de registrar.

“Con los datos de test, se pueden hacer diversas propuestas de entrenamiento, por ejemplo, se puede conocer el punto donde el jugador desarrolla su máxima potencia y trabajar en esa zona o por encima o por debajo de ella y ver qué pasa con la fuerza (realizando de nuevo un test) o con la aplicación de la misma, viendo la mejora en la velocidad o la aceleración dentro del juego, midiendo a través de microsensores. El entrenamiento se puede hacer con el propio

dispositivo, si el club dispone de recursos o con adaptaciones, como se ha comentado, poleas, gomas, cuerdas, etc. Todo aquello que permita establecer la carga y modificar los vectores.”

(Chirosa et al., 2022).

## **OBJETIVOS**

---



## **7.- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.**

El objetivo principal de la tesis fue crear una herramienta de evaluación de las diferentes manifestaciones de fuerza en los gestos técnicos de balonmano utilizando el dinamómetro electromecánico funcional (DEMF).

### **7.1.-Objetivo específico estudio 1.**

Determinar la fiabilidad absoluta y relativa de la prueba de dos pasos (TDP) con un dinamómetro electromecánico funcional (DEMF) en la evaluación de la velocidad de desplazamiento.

### **7.2.-Objetivo específico estudio 2.**

Determinar la fiabilidad absoluta y relativa de tres pruebas de fuerza específica en jugadores de balonmano con el uso de un dinamómetro electromecánico funcional (DEMF): martillo (UP), leñador (SL) y paso adelante (SF).

### **7.3.-Objetivo específico estudio 3.**

Estudiar la relación entre la fuerza específica en balonmano, medida con Dinamometría Electromecánica Funcional (DEMF), y la velocidad de lanzamiento en apoyo.



## HIPÓTESIS

---



## **8.-HIPÓTESIS.**

El Dinamómetro Electromecánico Funcional (DEMF) es una herramienta válida, eficaz y fiable para la evaluación de la fuerza específica en balonmano en relación con determinados gestos deportivos propios del deporte.

### **8.1.-Hipótesis Estudio 1.**

La dinamometría electromecánica funcional (DEMF) es una herramienta válida para medir la fiabilidad en la prueba de dos pasos (TDP)

### **8.2.-Hipótesis Estudio 2.**

La dinamometría electromecánica funcional (DEMF) es válida para determinar la fiabilidad absoluta y relativa de tres pruebas de fuerza específica en jugadores de balonmano: pullover unilateral (UP), martillo (SL) y paso adelante (SF).

### **8.3.-Hipótesis Estudio 3.**

El DEMF es un instrumento válido para el estudio de la relación entre la de velocidad de lanzamiento en apoyo y la fuerza específica en balonmano.



## **METODOLOGÍA**

---



## **9.-METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN**

### **9.1.-METODOLOGÍA ESTUDIO 1.**

#### **Materiales y Métodos.**

Se utilizó un diseño de medición repetida para evaluar la velocidad de desplazamiento del cuerpo con 15% y 30% de sobrecarga de peso corporal (SPC). Después de una sesión de familiarización, los participantes asistieron a la corte en dos días separados (al menos con 48 horas de diferencia) durante un período de dos semanas. En cada día de prueba, los participantes completaron diferentes porcentajes de protocolos SPC. Se pidió a los participantes que mantuvieran su nivel de actividad física durante la evaluación. Todas las evaluaciones se realizaron a la misma hora del día ( $\pm 1$  h) para cada participante y en condiciones ambientales similares ( $\sim 21^{\circ}\text{C}$  y  $\sim 60\%$  de humedad). El orden de los porcentajes de SPC se estableció aleatoriamente. Este orden se llevó a cabo en las dos sesiones de prueba.

#### **9.1.1.-Participantes.**

Dieciséis jugadores profesionales de balonmano masculinos voluntarios para participar en este estudio media  $\pm$  desviación estándar [DE]: edad  $21,4 \pm 2,1$  años; peso corporal  $69,2 \pm 6,9$  kg; altura  $1,70 \pm 0,1$  m; índice de masa corporal [IMC]  $23,0 \pm 1,6$  kg/m<sup>2</sup> y sin ninguna experiencia en dispositivos isocinéticos o dinamómetros participaron en este estudio. Los participantes eran elegibles para el estudio si tenían: I) ocho años de experiencia en balonmano; II) sin lesión musculoesquelética; todos los participantes fueron informados sobre la naturaleza, los objetivos y los riesgos asociados con el procedimiento experimental antes de que dieran su consentimiento por escrito para participar. El protocolo de estudio fue aprobado por Comité de ética de la Universidad de Granada (nº 350/CEIH/2017) y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

### **9.1.2.-Instrumentos.**

La altura se midió con una precisión de 0,1 cm mediante el método de estatura estirada con un tallímetro en la pared (Seca 202; Seca Ltd., Hamburgo, Alemania) sin zapatos ni calcetines. El peso se midió con una precisión de 0,1 kg utilizando una báscula mecánica de haz (Seca 704, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania). La velocidad de desplazamiento del cuerpo se midió con un DEMF (Modelo Dynasystem, Symotech, Granada, España) con una precisión de 3 mm para el desplazamiento, 100 g para una carga detectada y un rango de velocidades entre 0,05 m·s<sup>-1</sup> y 2,80 m·s<sup>-1</sup>, junto con un banco estándar, un cinturón de cadera apropiado, un sistema de poleas y un sistema de sujeción.

### **9.1.3.-Procedimientos.**

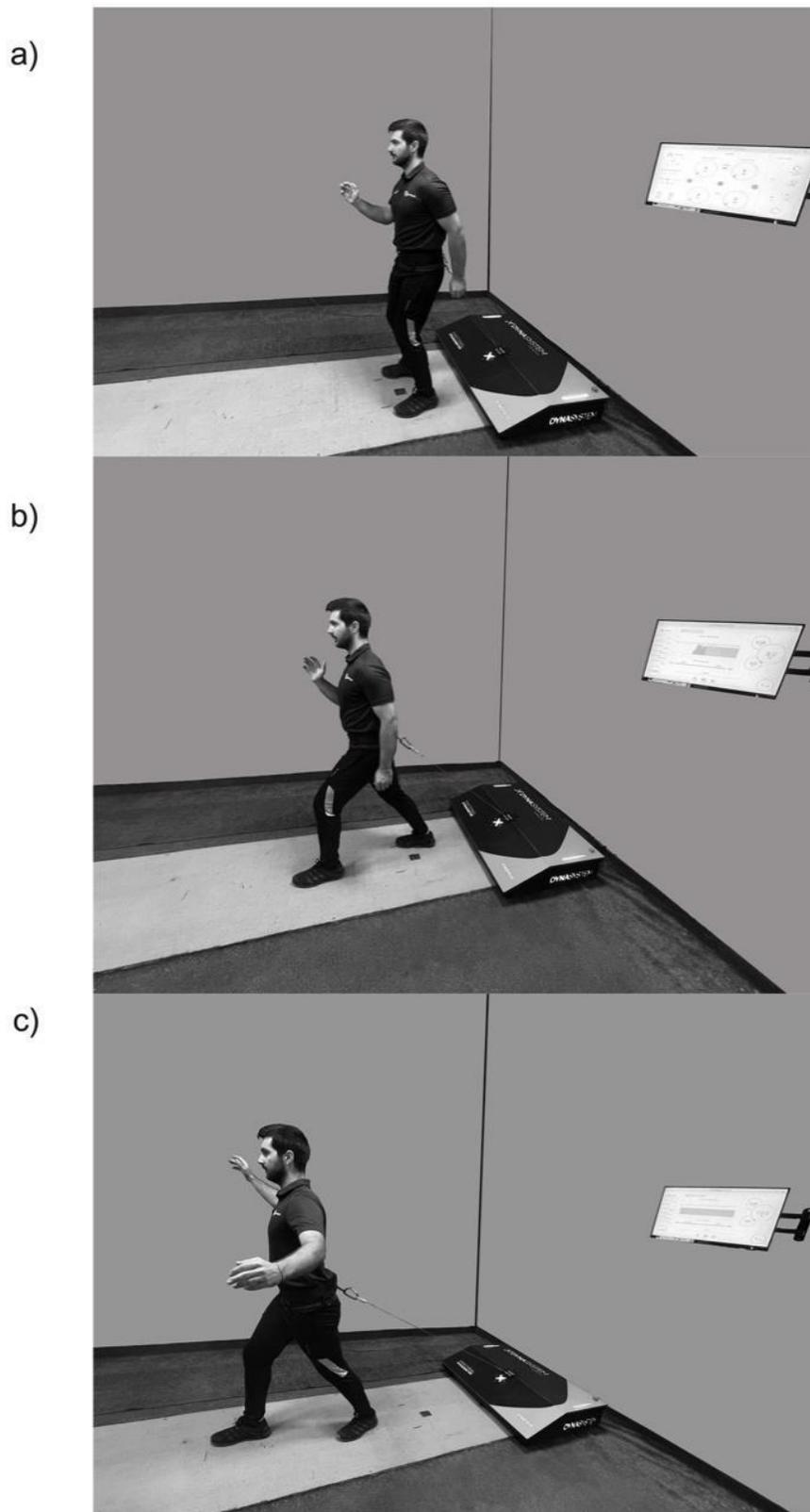
#### ***Protocolo de Familiarización***

Después de las evaluaciones antropométricas de la masa corporal y la altura, cada sujeto asistió a una sesión de familiarización de 30 minutos con el DEMF. La familiarización consistió en un calentamiento general, compuesto por cinco minutos de trote, cinco minutos de movilidad articular y tres series de 20 de movimientos frontales y de espalda. El calentamiento general fue seguido por dos series de seis repeticiones con 15% y 30% de SPC respectivamente y un rango de movimiento libre. Se estableció un descanso de tres minutos entre series.

### *Protocolo de prueba de dos pasos*

Los participantes llegaron en buenas condiciones de descanso al comienzo de cada sesión de prueba. Después del mismo calentamiento que durante los protocolos de familiarización, los participantes descansaron durante cinco minutos antes del comienzo del procedimiento de prueba y tres minutos entre cada serie. Consistió en dos series de seis repeticiones máximas consecutivas, con 15% y 30% del PC con rango de movimiento libre. Los participantes tenían que realizar un marcaje defensivo, el movimiento hacia adelante de sostener a un oponente en dos pasos a la máxima velocidad posible.

La posición inicial de los sujetos era de pie con los pies separados al ancho de los hombros. Cuando se le indicaba, debían realizar un avance de dos pasos, agarrando a una persona al final de la fase concéntrica de la repetición, la posición final de esta fase era de pie con la segunda pierna que movía adelantada, y sujetando un “oponente” (Figura 11). En la fase excéntrica de la repetición, se les indicaba que volvieran a la posición inicial de forma controlada. Entre cada una de las repeticiones se permitió un descanso de cinco segundos y dos evaluadores verificaron una correcta posición inicial. Tanto la posición inicial como final de cada repetición se estableció previamente por la propia libertad del movimiento. Se usó un cinturón apropiado para evitar que se dañen al hacer los pasos hacia adelante.



**Figura 11.-Prueba defensiva de dos pasos. a) Posición inicial, b) un paso, c) dos pasos.**

#### 9.1.4.-Análisis estadístico.

La distribución normal de las variables se confirmó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ). La fiabilidad se evaluó a través de pruebas t de muestras pareadas, gráficos de Bland-Altman (sesgo sistemático y límites de acuerdo del 95 %), tamaño del efecto de Cohen (TE), error estándar de medición (EEM), coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación intraclase (CCI; modelo 3.1). Se utilizó el cociente entre 2 CV (CVratio) para comparar la fiabilidad entre los tipos de condiciones (15% SPC media vs 30% SPC media pasos y 15% SPC max vs 30% SPCmedia max).

Los valores del CCI se interpretaron siguiendo la escala de fiabilidad pobre (menos de 0,50), moderada (0,50 a 0,75), buena (0,75 a 0,90) y excelente ( $> 0,90$ ) (Koo & Li, 2016). La escala utilizada para interpretar la magnitud de la TE fue específica para la investigación sobre capacitación: insignificante ( $< 0,2$ ), pequeña (0,2-0,5), moderada (0,5-0,8) y grande ( $> 0,8$ ) (Cohen, 1988). Se afirmaron diferencias significativas en la fiabilidad cuando el CV ratio estaba por encima de 1,15 (Fulton et al., 2009). Los análisis de fiabilidad se realizaron utilizando una hoja de cálculo personalizada (Hopkins, 2015), mientras que todos los demás análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de software JASP (versión 0.14.1.<http://www.jasp-stats.org>). La significación estadística se fijó en un nivel alfa de 0,05.

## **9.2.-METODOLOGÍA ESTUDIO 2.**

### **Materiales y métodos.**

#### **9.2.1.-Participantes.**

Catorce jugadores de balonmano masculino de un mismo equipo de la primera división española ( $28,79 \pm 4,81$  años,  $90,61 \pm 12,66$  kg y  $1,87 \pm 0,10$  m). La inclusión y los criterios fueron: sin lesiones musculo esqueléticas durante los tres meses anteriores a los datos, y al menos 6 años de experiencia en entrenamiento de resistencia. Uno de los jugadores fue excluido de las mediciones del ejercicio de pullover debido a una lesión en el hombro. Las mediciones se tomaron de la tercera a la quinta semana de pretemporada. Una semana normal de entrenamiento durante este período consistió en 5 días de entrenamiento: 3 días de sesiones dobles (dos horas por la mañana y dos por la tarde), y 2 jornadas de dos horas por la tarde.

Se informó a los jugadores y entrenadores sobre la naturaleza, los objetivos y los riesgos asociados con el procedimiento experimental antes de dar su consentimiento por escrito para participar. El protocolo de estudio fue aprobado por el Comité Biomédico de la Universidad de Granada (nº 422/CEIH/2017) y se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

#### **9.2.2.--Diseño del estudio.**

Se utilizó un diseño de medidas repetidas para evaluar la fuerza funcional para balonmano con diferentes protocolos a lo largo de un periodo de 5 semanas. Dos semanas de familiarización, que consisten en 3 series de 6 repeticiones cada ejercicio, que se realizaron con bandas elásticas y poleas. En las siguientes tres semanas, los participantes fueron evaluados en sus instalaciones habituales de entrenamiento en tres días diferentes separados por 1 semana. En el primer día

de prueba (semana 3), los participantes completaron cuatro pruebas isométricas: derecha e izquierda UP (martillo) y derecha e izquierda SL (leñador).

En cada día que tocaba test, los participantes completaron seis pruebas incrementales (2 kg) (2 cada ejercicio) hasta el fallo o cuando ya no pudieran mantener la técnica (Figura 12). Todas las evaluaciones se realizaron en la misma hora del día ( $\pm 1$  h) para cada participante y en condiciones ambientales similares, utilizando para ello un programa informático.

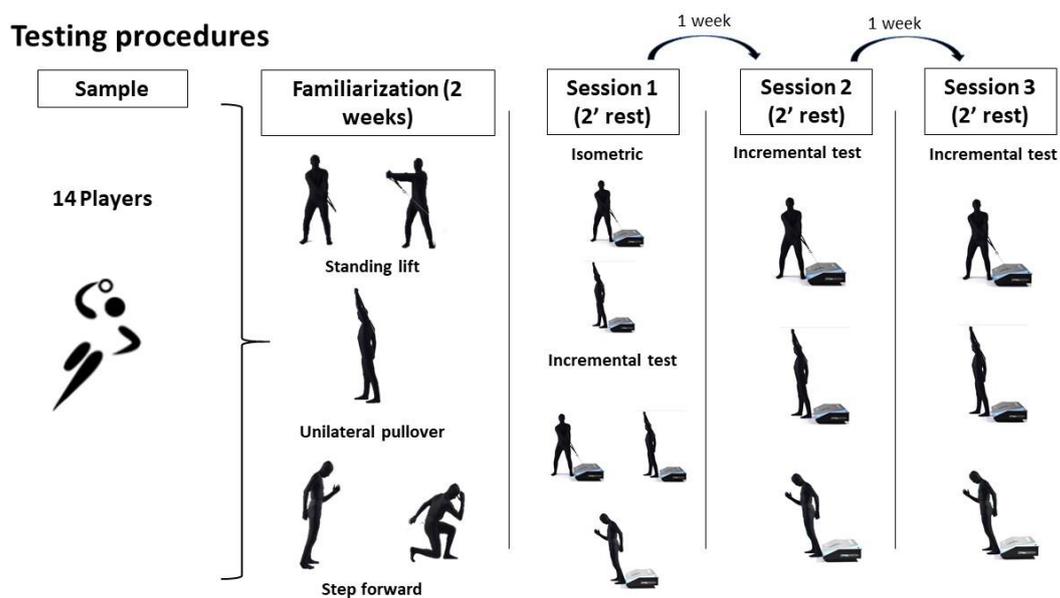


Figura 12.-Protocolo en el procedimiento de la batería de los test.

### 9.2.3.-Instrumento.

La fuerza isométrica e isocinética se evaluó con un DEMF (Dynasystem, Granada, España). DEMF permite variedad de movimientos en la aplicación ción de fuerza en diferentes vectores. Se puede trabajar en diversas manifestaciones (isocinético, isotónico, elástico, isométrico, inercial, excéntrico) asegurando objetivos específicos. Su motor eléctrico de 2000 W regula la fuerza y velocidad en la ejecución de los gestos. El usuario utiliza la cuerda que se inserta en el rodillo para aplicar la fuerza en sus diferentes manifestaciones y controlando así la fuerza y

velocidad lineal (Rodríguez-Perea et al., 2021). Además, el DEMF proporciona varios modos de evaluación en función del tipo de fuerza a evaluar y el rango de movimiento establecido en la pantalla táctil. El rango de movimiento se establece con la configuración de la pantalla en el dispositivo antes de la ejecución de la prueba.

#### 9.2.4.-Procedimientos de los Test.



**Figura 13.-Evaluación de UP (martillo) usando DEMF. Posición inicial (izquierda) y Posición final (derecha).**



**Figura 14.-Evaluación de paso adelante (SF) con DEMF. Posición inicial (izquierda) y posición final (derecha).**



**Figura 15.-Evaluación de leñador (SL) con DEMF. Posición inicial (izquierda) y posición final (derecha).**

Los Test se realizaron de 9:00 a 10:30 de la mañana. Un calentamiento normal era realizar movilidad articular y carrera continua (no superando las 130 pulsaciones por minuto, medidos con un polar 400) y luego un calentamiento específico que consistía en 2 series de 5 repeticiones del test con el DEMF y no superando el 40% RM.

Una vez finalizado el calentamiento, los participantes realizaron cuatro pruebas isométricas en el primer día de la semana 3, y seis pruebas incrementales utilizando análisis estadísticos (derecha e izquierda UP, derecho e izquierdo SF, y derecho e izquierdo SL). A los participantes se les permitió usar una duración para la realización cada test. También se implementó un período de descanso de 2 min entre Test.

### **Pruebas incrementales**

Estas pruebas se utilizan para registrar la fuerza isométrica máxima (FIM) para UP y SL. Se realiza una repetición máxima de 8 segundos al 50% del rango de movimiento del calentamiento. Se instruyó a los participantes para que ejecutaran la fuerza máxima durante este tiempo.

Las mediciones de UP y SL comenzaron con un 30% de FIM. La prueba SF comenzó con el 10% del PC.

El incremento de carga intraserial se modifica de acuerdo con el peso corporal (1kg <60kg peso corporal; 2 kg 60-80 kg peso corporal; 3 kg 81-100 kg peso corporal; 4 kg > 100 kg de peso corporal).

UP: desde una posición de pie asimétrica (pie contralateral hacia adelante) mientras se agarra el mango por encima de la cabeza con una mano, manteniendo el codo con una ligera flexión. La tarea era lanzamiento manteniendo el codo mirando hacia delante.

SL: desde una posición de pie con los pies separados al ancho de los hombros y los dedos de los pies ligeramente mirando hacia afuera mientras sujeta el mango con ambas manos (ángulo de 45°). La tarea era rotar el torso con fuerza hasta llegar al hombro opuesto, para luego volver lentamente a la posición inicial. El ángulo de la cuerda depende de la altura de los jugadores (1,5 a 1,9 metros).

SF: desde una posición de pie asimétrica con un cinturón en la cintura. La tarea era avanzar el pie lo más rápido posible y luego controlar el regreso a la posición inicial.

### **9.2.5.-Análisis estadísticos.**

Los datos descriptivos se presentan como media  $\pm$  DE. Las variables fueron analizadas con el test de normalidad Shapiro-Wilk. La fiabilidad se evaluó mediante pruebas t-retest de muestras pareadas con el TE, el CV y CCI, con intervalos de confianza del 95% (Hopkins W.200).

La escala utilizada para interpretar la magnitud del TE fue: insignificante ( $<0,2$ ), pequeña ( $0,2-0,5$ ), moderada ( $0,5-0,8$ ) y grande ( $\geq 0,8$ ). Siguiendo a Hopkins et al., (2009) se clasificaron a través de una escala cualitativa la magnitud de los valores del CCI, siendo los valores cercanos a 0,1 baja fiabilidad, 0,3 moderada, 0,5 alta, 0,7 muy alta y las cercanas a 0,9 extremadamente alta. Los cambios sensibles fueron estimados por el mínimo cambio detectable (MCD) derivado del EEM. Se usaron los siguientes criterios para determinar: aceptable ( $CV \leq 10\%$ ,  $ICC \geq 0,80$ ) y alta ( $CV \leq 5\%$ ,  $ICC \geq 0,90$ ) fiabilidad. El análisis de fiabilidad se realizó utilizando una hoja de cálculo.

La validez concurrente se realizó a través de las muestras pareadas reflejadas en los gráficos de BlandAltman (sesgo sistemático y 95% límites de concordancia) y el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson ( $r$ ). La fuerza de los coeficientes  $r$  se interpretó como sigue: trivial ( $0,00-0,09$ ), pequeño ( $0,10-0,29$ ), moderado ( $0,30-0,49$ ), grande ( $0,50-$

0,69) muy grande (0,70–0,89), casi perfecta (0,90–0,99) y perfecta (1,00). La heterocedasticidad de los errores también se identificó en las gráficas de Bland-Altman y se definió como un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) > 0,1.

### **9.3.-METODOLOGÍA ESTUDIO 3.**

#### **Materiales y métodos**

##### **9.3.1.-Participantes.**

Trece jugadores españoles de balonmano de élite fueron evaluados ( $28.77 \pm 4.81$  años,  $90.19 \pm 13.07$  kg y  $1.86 \pm 0.10$  m). 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.

##### **9.3.2.-Instrumentos.**

Los test isométricos e incrementales de fuerza fueron evaluados con un DEFM (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).

##### **9.3.3.-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. El evaluador se colocó con el radar tras la red de portería. Se pidió al jugador que lanzara con la mayor precisión y fuerza posible hacia el radar. Tras la evaluación del lanzamiento se realizó la familiarización con los test isométricos e incrementales de fuerza: martillo y un paso (Figura 16).



**Figura 16.-***Test Isométricos e Incrementales de fuerza; UP y SF.*

En la segunda sesión se realizó el mismo calentamiento que en la sesión de familiarización y luego se ejecutaron 3 lanzamientos máximos en apoyo. Tras la evaluación del lanzamiento se realizaron los test isométricos e incrementales de fuerza de los dos ejercicios indicados. Se realizó una repetición de 8 segundos de FIM en el 50% del rango de movimiento en el ejercicio del martillo. Y para los test incrementales, se comenzó con el 30% de la FIM en el ejercicio del martillo y con el 10% del PC para el ejercicio de un paso. El incremento intraserie de la carga para ambos ejercicios se modificó según el peso corporal (1kg <60kg PC; 2kg 60-80kg PC; 3kg 81-100kg PC; 4kg >100kg PC).

### ***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 Grados). Se le pidió al sujeto que realizará una extensión de hombro lo más rápido posible manteniendo el codo extendido.

### ***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 sujetado al dinamómetro con un cinturón en la cadera.

### **9.3.4.-Análisis estadísticos.**

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 y el paso. Se siguió la escala cualitativa propuesta por Hopkins et al., (2009), donde se clasifica la magnitud de los valores del CCI, 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

---



## 10.-RESULTADOS.

### 10.1.-RESULTADOS ESTUDIO 1.

La evaluación de la velocidad media de la fase concéntrica del movimiento de dos pasos no difirió entre el test y el retest ( $p > 0,05$ ,  $ES < -0,01$  con 15% de SPC y  $TE = -0,06$  con 30% de SPC). De igual forma, no hubo diferencia significativa entre test y retest de la velocidad pico de la fase concéntrica con 15% de SPC ( $p = 0,499 > 0,05$ ,  $ES < 0,12$ ) ni con 30% de SPC ( $p = 0,832 > 0,05$ ,  $ES < 0,06$ ).

La fiabilidad absoluta proporcionó una repetibilidad estable para el protocolo SPC al 15 % para la velocidad media y para la velocidad máxima en ambos protocolos, con un CV inferior al 10 % en casi todos los casos. La fiabilidad relativa de los diferentes protocolos de velocidad para evaluar la velocidad media fue buena ( $CCI = 0,77$ ) para el 15 % y el 30 % de SPC ( $CCI = 0,79$ ) (Tabla 7). La fiabilidad relativa de los diferentes protocolos de velocidad para evaluar el pico de la velocidad de desplazamiento del cuerpo fue buena ( $CCI = 0,79$ ) al 15 % y mala ( $CCI = -0,48$ ) al 30 % del SPC (Tabla 7).

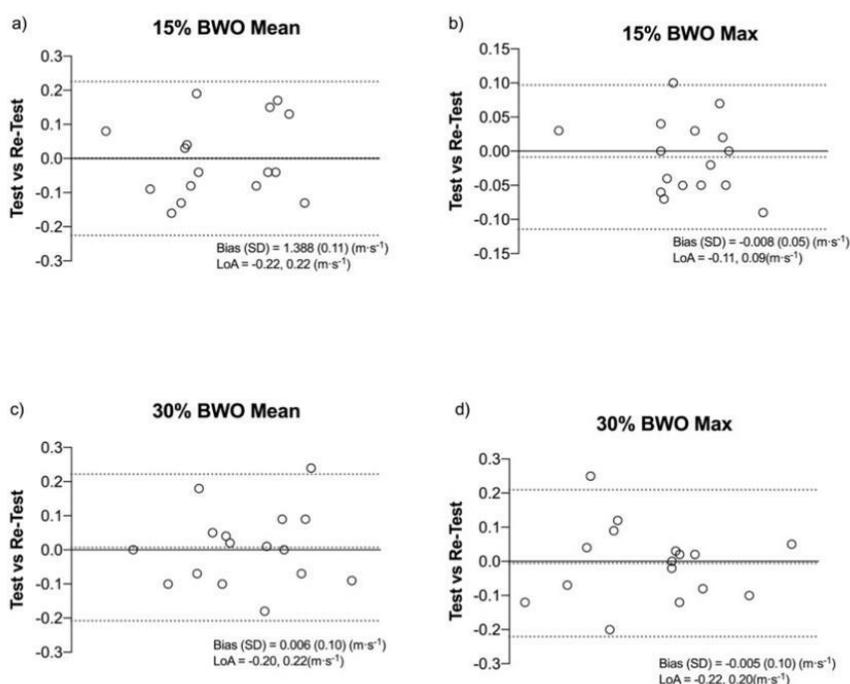
**Tabla 7.-**Fiabilidad test-retest de las mediciones de velocidad media y máxima ( $m \cdot s^{-1}$ ) proporcionada por el DEMF.

		Test ( $m \cdot s^{-1}$ )	Retest ( $m \cdot s^{-1}$ )	valor p	TE	CV (95% IC)	CCI (95% IC)	EEM (95% IC)
15% PC	Media	1,6 (0,2)	1,6 (0,2)	0,977	-0,01	5,12 (3,78-7,92)	0,77 (0,46-0,91)	0,08 (0,06-0,13)
	Pico	2,9(0,1)	2,9(0,1)	0,499	0,12	1,34 (0,99-2,08)	0,79 (0,49-0,92)	0,04 (0,03-0,06)
30% PC	Media	1,3(0,2)	1,2(0,2)	0,747	-0,06	6,19 (4,57-9,58)	0,79 (0,50-0,92)	0,08 (0,06-0,12)
	Pico	2,9(0,1)	2,8(0,1)	0,832	0,06	2,81 (2,07-4,35)	0,48 (0,00-0,78)	0,08 (0,06-0,13)

Nota: TE= Tamaño del efecto; CV = coeficiente de variación; CCI = coeficiente de correlación intraclase; EEM= error estándar de la media; PC = peso corporal

La manifestación de velocidad más fiable ( $CV = 1,34$  %) para evaluar la velocidad de desplazamiento del cuerpo fue la velocidad pico con 15 % de SPC (Tabla 7). Cuando se consideró el CV promedio para las comparaciones de fiabilidad, se observó con relación al

protocolo que el porcentaje de carga 15% de SPC (CV = 5,12%) fue más fiable en promedio con 30% de SPC (CV = 6,19%) con una diferencia CV = 1.21, así mismo en el CV máximo se observó que el 15% de SPC (CV= 1.34%) fue más fiable que el 30% (CV= 2.85%) con una diferencia CV=2.13. En cuanto al tipo de variables a elegir, la velocidad pico fue más fiable que la media en los dos casos analizados. El pico de SPC del 15 % (CV = 1,34 %) fue más fiable que la media del SPC del 15 % (CV = 5,12 %). La diferencia CV=3.82 en 30% SPC pico (CV=2.81%) es más fiable que 30% SPC promedio (CV=6.19%) con diferencia CV=2.20". Los gráficos de Bland-Altman realizados con las variables velocidad media y pico en las dos condiciones de 15% y 30% SPC presentan un sesgo sistemático bajo (rango = -0,008 a 1,388 m·s<sup>-1</sup>) y error aleatorio (rango = 0,05 a 0,11 m·s<sup>-1</sup>) (Figura 17).



**Figura 17.-**Gráficos de Bland-Altman. a) 15 % BWO medio, b) 15 % BWO máx., c) 30 % BWO medio, d) 30 % BWO máx.

## 10.2.-RESULTADOS ESTUDIO 2.

La fiabilidad relativa de las pruebas UP fue alta o excelente en todos los parámetros (CCI = 0,83–0,96). La fiabilidad absoluta osciló entre 4,90 % y 8,99 %; 0,24 kg a 0,49 kg para CV y EEM. TE fue insignificante en cualquiera de los parámetros (TE = -0.12 – 0.06), excepto por un pequeño TE en la fuerza pico izquierda (TE = 0,22) (Tabla 8). La fiabilidad relativa de la prueba SL fue alta o excelente en todos los parámetros (CCI = 0,85–0,97). La fiabilidad absoluta osciló entre 3,90 % y 10,93 %; 0,20 kg a 0,45 kg para CV y EEM respectivamente. TE fue insignificante en cualquiera de los parámetros (0.02-0.12) (Tabla 8).

**Tabla 8.-**Fiabilidad de la pruebas

Parameteros	Sesion 2 media ± DE (kg)	Sesion 3 media ± DE (kg)	TE (d)	CCI (95% IC)	CV (95% IC)	EEM (95% IC) (kg)	
<b>Martillo (UP)</b>	<b>Fuerza pico (D)</b>	23.7±6.9	24.1±6.2	0.06	0.92 (0.75-0.97)	8.99 (6.45-14.84)	0.33
	<b>Fuerza media (D)</b>	12.3±2.5	12.1±2.6	-0.08	0.96 (0.86-0.99)	4.90 (3.51-8.08)	0.24
	<b>Fuerza pico (I)</b>	22.7±4.1	23.7±4.5	0.22	0.85 (0.59-0.95)	7.85 (5.63-12.96)	0.46
	<b>Fuerza media (I)</b>	12.4±2.0	12.2±1.8	-0.12	0.83 (0.54-0.95)	6.79 (4.87-11.20)	0.49
<b>Leñador (SL)</b>	<b>Fuerza pico (D)</b>	51.9±13	52.7±14.8	0.06	0.85 (0.61-0.95)	10.93 (7.93-17.61)	0.45
	<b>Fuerza media (D)</b>	25.7±5.4	26.2±4.6	0.10	0.97 (0.90-0.99)	3.90 (2.83-6.28)	0.20
	<b>Fuerza pico (I)</b>	53.2±9.9	53.5±13.5	0.02	0.87 (0.64-0.96)	8.79 (6.37-14.16)	0.43
	<b>Fuerza media (I)</b>	26.2±5.2	26.7±4.8	0.12	0.89 (0.69-0.96)	6.93 (5.02-11.16)	0.39
<b>Paso adelante (SF)</b>	<b>Fuerza pico (D)</b>	57.9±17.1	56.4±18.1	-0.09	0.91 (0.74-0.97)	10.82 (7.84-17.42)	0.34
	<b>Fuerza media (D)</b>	22.0±4.7	22.5±5.1	0.10	0.93 (0.79-0.98)	6.54 (4.74-10.53)	0.31
	<b>Fuerza pico (I)</b>	51.7±17.7	58.2±18.2	0.39	0.91 (0.74-0.97)	11.57 (8.39-18.63)	0.35
	<b>Fuerza media (I)</b>	24.5±6.3	22.3±5.4	-0.38	0.87 (0.66-0.96)	9.46 (6.86-15.24)	0.41

D = derecha; I = izquierda; TE = tamaño del efecto; DE = desviación estandar; CCI = coeficiente de correlación intraclase; CV = coeficiente de variación; EEM = error estandar de medida; IC = intervalo de confianza

La fiabilidad relativa de las pruebas de SF fue alta para la fuerza media izquierda (CCI = 0,87) y excelente para la fuerza máxima izquierda (CCI = 0,91) y la fuerza máxima derecha (CCI = 0,91). La fiabilidad absoluta osciló entre el 6,54% y el 11,57%; entre 0,31 y 0,41 kg para CV

y EEM respectivamente. La TE fue insignificante para el lado derecho (-0,09 a 0,10), y una pequeña TE para el lado izquierdo (TE = -0,38 - 0,39; Tabla 8).

Los gráficos Bland-Altman revelan un mayor sesgo sistemático para la fuerza máxima excepto para el martillo (Figuras 18, 19 y 20). Se encontraron diferencias significativas en la fiabilidad entre las variables de fuerza media y pico de fuerza; y se encontraron diferencias significativas en la fiabilidad entre las variables de fuerza media y máxima para el martillo, leñador y el paso adelante (CVratio > 1,16; Figura 21). Se observaron diferencias significativas en la fiabilidad entre el lado derecho y el izquierdo en la fuerza en todos los ejercicios (CVratio > 1,39) y en la fuerza máxima para piel martillo (CVratio = 1,24; Figura 21).

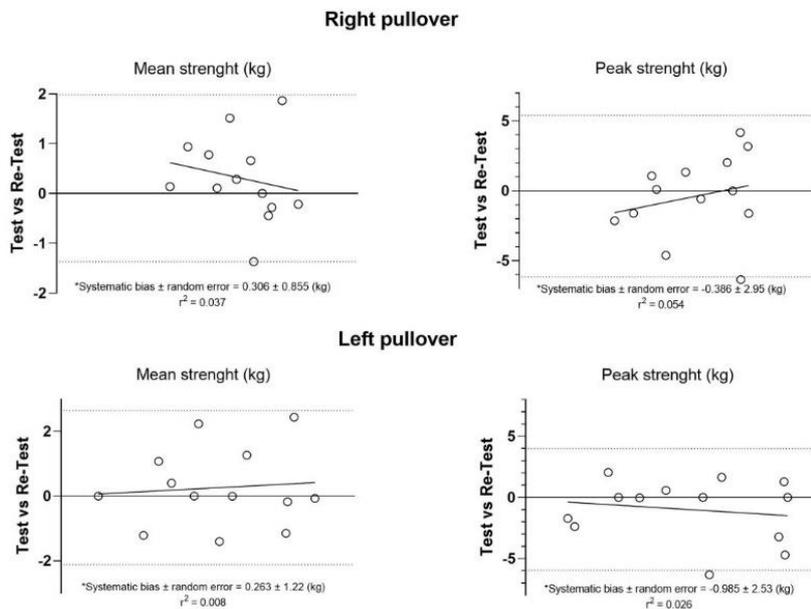
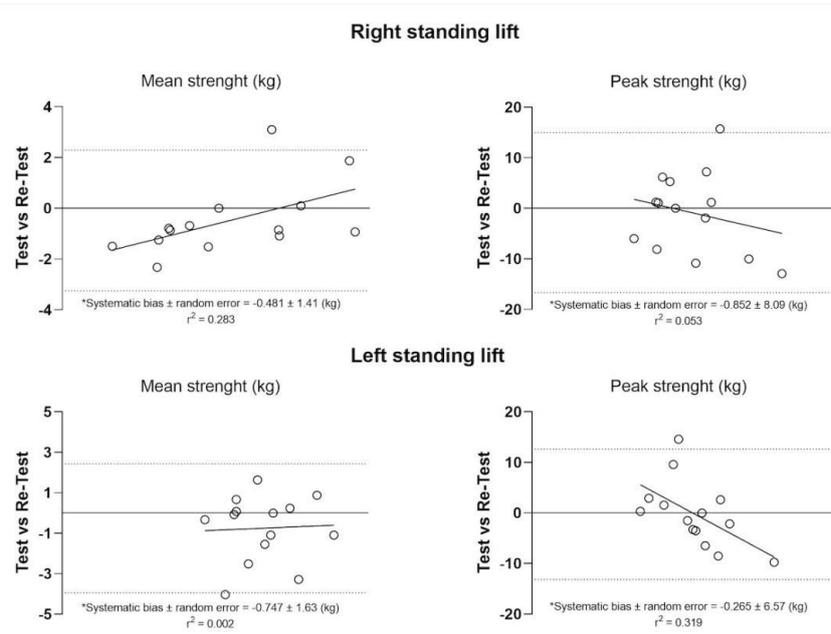
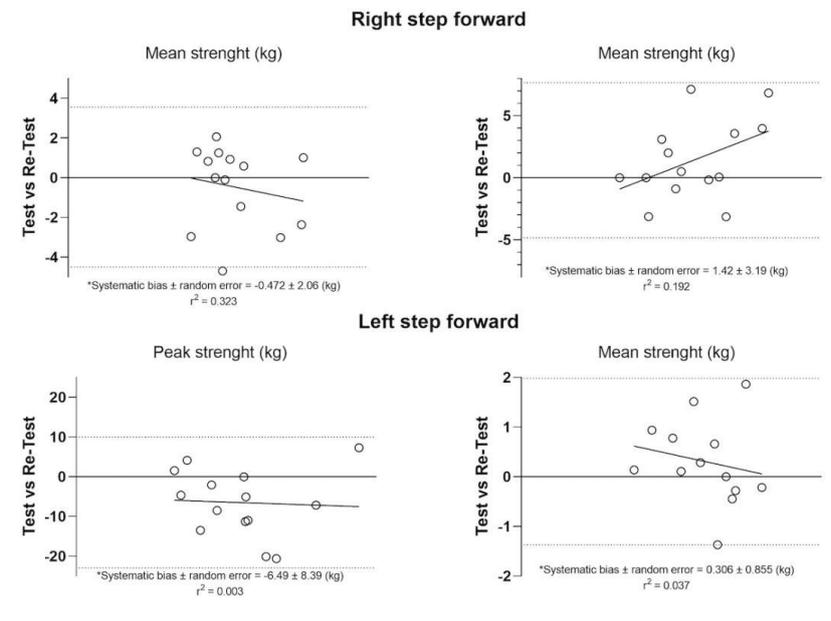


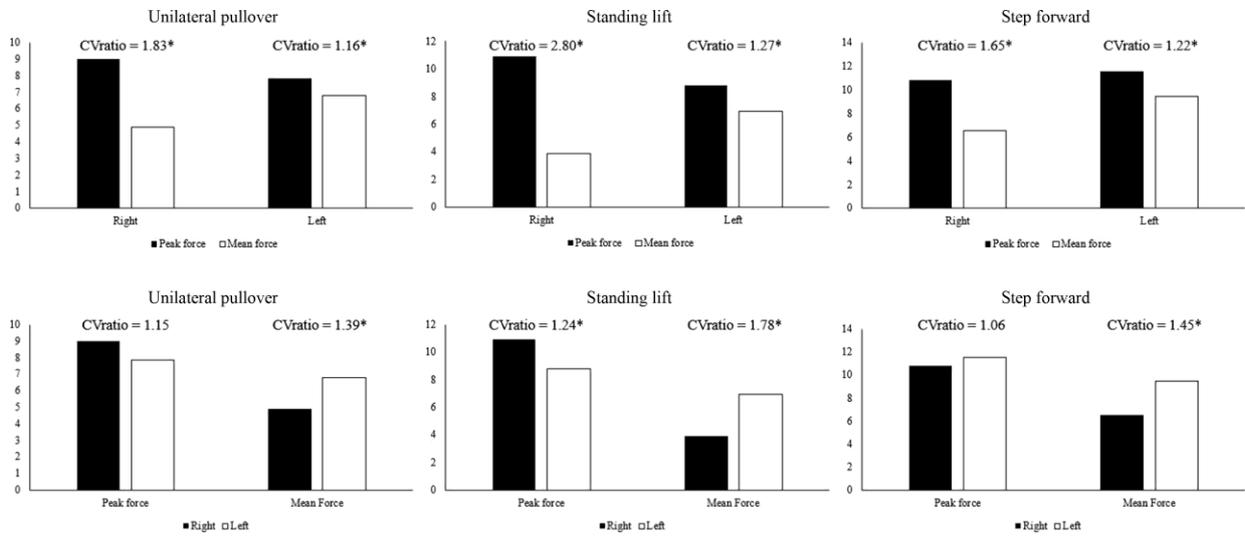
Figura 18.-Gráficos de Bland-Altman de test-retest para martillo.



**Figura 19.-** Gráficas de Bland-Altman de test-retest para leñador



**Figura 20.-** Gráficas de Bland-Altman de test-retest para paso adelante



**Figura 21.**-Comparación de la fiabilidad de los resultados del lado derecho e izquierdo entre la fuerza máxima y la fuerza media (panel superior) en UP, SL y SF, y fuerza máxima y fuerza media entre el lado derecho y el izquierdo en UP, SL y SF (panel inferior).

### 10.3.-RESULTADOS ESTUDIO 3.

Los datos descriptivos de velocidad de lanzamiento y tiempo de sprint se presentan en la Tabla 9. El test de Pearson mostró una correlación moderada entre la velocidad de lanzamiento pico y la fuerza isométrica media del martillo con el brazo dominante ( $r = 0.548$ ,  $p = 0.05$ ) (Tabla 9).

**Tabla 9.-** *Velocidad de lanzamiento, tiempo de sprint, fuerza del test del martillo y del test de un paso (n = 13).*

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>
Velocidad máxima de lanzamiento (m/s)	97.72	6.95
Velocidad media de lanzamiento (m/s)	96.29	7.20
Tiempo sprint 5m (s)	1.21	0.13
Tiempo sprint 10 m (s)	1.98	0.15
Tiempo sprint 20 m (s)	3.31	0.22

DE = Desviación estándar; m/s = Metros por Segundo; s = Segundos

Además, se encontró una correlación alta entre la velocidad de lanzamiento pico y el 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 10). Se encontraron correlaciones nulas entre el test del martillo y la velocidad de lanzamiento ( $r \leq 0.223$ ) y entre el test de un paso y el tiempo de sprint ( $r \geq -0.147$ ).

**Tabla 10.-**Correlaciones entre velocidad de lanzamiento con el test isométrico del martillo unilateral y con el test del paso con pierna dominante (n=13). DOM = Brazo dominante; NON = Brazo no dominante. MU = Martillo unilateral; ISO = Isométrica; UR = Última repetición. Correlación significativa al nivel 0.05 (\*).

Correlación de Pearson		Velocidad máxima de lanzamiento
<b>Fuerza media ISO MU DOM</b>	r	0.548*
<b>Fuerza pico ISO MU DOM</b>	r	0.370
<b>Fuerza media ISO MU NON</b>	r	0.297
<b>Fuerza pico ISO MU NON</b>	r	-0.039
<b>Fuerza pico Paso</b>	r	0.413
<b>Fuerza media Paso</b>	r	0.568*
<b>Fuerza pico Paso UR</b>	r	0.628*
<b>Fuerza media Paso UR</b>	r	0.457

## DISCUSIÓN

---



## 11.-DISCUSIÓN

### 11.1.-DISCUSIÓN ESTUDIO 1.

Los propósitos principales de este estudio fueron (I) determinar la fiabilidad absoluta y relativa de TDP con un DEMF en la evaluación de la velocidad de desplazamiento del cuerpo y (II) comparar la fiabilidad absoluta y relativa de la velocidad media y la velocidad máxima de la velocidad de desplazamiento del cuerpo. Entre los principales hallazgos del estudio, se revela que los dos protocolos propuestos (15% y 30% del SPC) presentan alta fiabilidad absoluta por debajo del 10% del CV y buena fiabilidad relativa, existiendo una diferencia entre los dos tipos de del protocolo propuesto, el 15% del SPC se presenta como más estable. TDP tiene una fiabilidad aceptable para la evaluación de la velocidad de desplazamiento del cuerpo en jugadores de balonmano usando un DEMF. La medición de CCI fue buena  $> 0,75$  para la mayoría de las condiciones tratadas, excepto para el 30 % del SPCmáx. (Tabla 7), lo que significa una buena fiabilidad relativa de la prueba TDP Aunque se puede interpretar que en los valores más bajos de la fiabilidad relativa el CCI se ve afectado por la variabilidad intersujetos ocultando una buena fiabilidad si la variabilidad intersujetos es grande, incluso si la variabilidad test-retest es baja. Por este motivo, fue necesario realizar un estudio de fiabilidad absoluta junto con CCI. Como es sabido, EEM y CV no se ven afectados por la variabilidad intersujeto como es el caso de CCI (Weir, 2005b). Ambos valores registrados se consideraron útiles, siendo el 10% del CV (Atkinson & Nevill, 1998).

En relación con el primer objetivo, la fiabilidad del TDP es buena para medir la velocidad en desplazamientos cortos mediante un gesto específico. Específicamente, el tipo de protocolo más confiable fue el 15% SPC. Esta es una buena aproximación porque como Simperingham et al. (2016) señalaron en su revisión de la literatura sobre la fiabilidad de los nuevos desarrollos

tecnológicos para medir la velocidad, existe una demanda de los deportes para medir el rendimiento de sprint en distancias muy cortas. En nuestro caso esto lo conseguimos con el DEMF y, además, se puede asociar directamente con otras variables que influyen en el rendimiento como la medida de la fuerza y la potencia (Simperingham et al. 2016). Estos autores señalan que las pruebas de velocidad para atletas de deportes de equipo deben concentrarse en distancias cortas de menos de 20 m, en este sentido la mayoría de los sprints de balonmano no se realizan en línea recta y suelen incluir uno o varios cambios de dirección (COD) durante la defensa y las acciones de ataque (Daneshfar et al., 2018). Esta afirmación se ve reforzada por la investigación que utiliza el análisis de movimiento para comprender las demandas externas del juego de balonmano, que ha indicado la importancia relativa de las aceleraciones cortas, siendo aproximadamente el 10 % de todos los movimientos de alta intensidad y corta duración (Manchado et al., 2021b). Además de este hecho, la mayoría de las intervenciones decisivas para el desenlace del juego se basan en estas acciones explosivas (Manchado et al., 2020).

Un aspecto a destacar en esta investigación es que, según nuestro conocimiento, es el primer test específico para la evaluación de desplazamientos cortos en balonmano. Por tanto, es imposible establecer comparaciones directas con otros estudios similares. Si existen otras formas de evaluar la velocidad máxima de desplazamiento de forma no específica o mediante pruebas de campo aplicadas al balonmano como la capacidad de sprint repetido (Dello Iacono et al., 2016; Sabido et al., 2017) o la variante en esta prueba, que es la capacidad de sprint repetido multidireccional (RSA) (Daneshfar et al., 2018). Algunas de estas pruebas han demostrado su aplicabilidad al entrenamiento (RSM) (Dello Iacono et al., 2016) por su relación con la mejora de la potencia.

Analizando la fiabilidad de los tests utilizados hasta ahora en velocidad de balonmano, los más generales como el test de sprint de 20m han dado buenos resultados de fiabilidad, por ejemplo,

Wagner et al., (2019) ( $ICC = 0,94$ ,  $CV = 4\%$ ) y Sabido et al., (2017) ( $CV = 1,9\%$ ,  $CCI = 0,76$ ). En cuanto a las pruebas de campo como RSM o RSA, Daneshfar et al., (2018) también encontraron buenos resultados de fiabilidad (rango  $CCI = 0,78$  a  $0,94$ ). La diferencia es que en estas investigaciones se trataba de medir la velocidad máxima en desplazamientos largos y no la velocidad máxima en desplazamientos cortos, en un gesto concreto, como es el caso de este test. Como dice Wagner en las conclusiones de su investigación sobre pruebas de rendimiento específicas, el rendimiento general y el rendimiento específico del balonmano por equipos son componentes separados (Wagner et al., 2019). En este sentido, estudios que han comparado pruebas de agilidad con la capacidad de sprint han encontrado que se trata de dos movimientos de locomoción independientes (Salaj & Markovic, 2011). Lo mismo puede ocurrir con determinados desplazamientos cortos. Serían necesarios estudios en este sentido una vez demostrada la fiabilidad de la prueba. Con una intención similar a nuestra investigación, existen otras propuestas innovadoras para el entrenamiento de fuerza específico en balonmano que pretenden obtener una transferencia positiva a determinados gestos del juego. Un ejemplo de ello son los movimientos cortos, que utilizan tecnología que favorece el trabajo de fuerza excéntrica, o los volantes de velocidad, que han demostrado su eficacia (Sabido et al., 2017). Estos últimos tienen una limitación a la hora de medir el rendimiento final, y es que utilizan formas indirectas y no lo hacen sobre el propio movimiento, como es el caso de nuestro estudio. En este sentido, las pruebas de fiabilidad realizadas en esta prueba más abierta, utilizando el volante para evaluar la potencia media y máxima, son aceptables ( $CCI = 0,79$  a  $0,93$ ,  $CV = 7,5\%$  a  $13,2\%$ ), con resultados similares a los obtenidos en nuestra investigación con respecto a la fiabilidad.

Recientemente ha aparecido una batería de test que también busca encontrar una mayor especificidad en balonmano, la batería GBPT. En uno de sus tests que mide la capacidad de agilidad específica en ataque y defensa con una acción técnica similar a la de nuestro estudio,

el análisis de fiabilidad fue igualmente aceptable CCI por encima de 0,70 y CV por debajo del 5% (Wagner et al., 2016). La diferencia con nuestro caso es que este test de agilidad trata de medir la carga interna y, en nuestro caso, la externa. A pesar de ello, ambos utilizan gestos cortos de desplazamiento a máxima intensidad utilizando una habilidad específica.

Estas investigaciones demuestran la necesidad de que especialistas y entrenadores encuentren más recursos similares a los gestos de competición para evaluar el juego. En todos los casos, se observan buenas formas de fiabilidad en estos gestos específicos. Sin embargo, es difícil comparar nuestro estudio con la literatura, ya que en ninguno de los estudios encontramos un gesto deportivo que se asemeje al gesto real y que mida velocidades de desplazamiento cortas.

El segundo objetivo de este estudio fue comparar la fiabilidad absoluta y relativa de la velocidad media y la velocidad pico de la velocidad de desplazamiento del cuerpo. En cuanto a la fiabilidad absoluta, la velocidad máxima mostró menor CV% y EEM en los protocolos 15% y 30% SPC. Con respecto a la fiabilidad relativa, la velocidad máxima mostró un CCI más alto en el protocolo SPC al 15 % y más bajo en el protocolo SPC al 30 %.

Al comparar la velocidad máxima y media, podemos confirmar que la velocidad máxima es la medida más confiable en la evaluación de la velocidad de desplazamiento del cuerpo con el DEMF. La utilidad de estos datos es, además de comparar velocidades pico y media, su conocimiento, algo difícil de ver en estudios previos, que es posible gracias a nuevas tecnologías como DEMF.

Faltan estudios sobre la velocidad máxima y media de los movimientos o desplazamientos del centro de masas en el deporte. Muchos de los estudios que han evaluado la extremidad inferior en balonmano lo han hecho durante el tiempo obtenido en diversas pruebas en las que se realizaron diferentes sprints (Dello Iacono et al., 2016; Gorostiaga et al., 2005; Haugen et al.,

2016). ). Otro trabajo también ha registrado el tiempo que llevaba completar un circuito de agilidad (Atalay et al., 2018; Hermassi, Chelly, et al., 2018; Kvorning et al., 2017).

Por otro lado, encontramos el uso de GBPT para evaluar capacidades fisiológicas o varios estudios que miden el perfil fuerza velocidad a través de un cicloergómetro (Hermassi, Delank, et al., 2019; Wagner et al., 2016, 2019). En ninguno de estos casos se evalúa la velocidad de desplazamiento del cuerpo. En un estudio de Helland et al (2019) se evaluó la velocidad máxima en una prueba de velocidad de 30 metros con varios protocolos de carga externa y se obtuvieron CV por debajo del 2,4 %. Hermassi et al., (2018) midieron la velocidad máxima y la velocidad de los primeros 5 metros mediante un test de sprint de 30 metros (CCI= 0,97 e CCI = 0,96 respectivamente). En este sentido, la capacidad para alcanzar la máxima velocidad en el menor tiempo posible es de vital importancia para el rendimiento (Young & Rogers, 2014). Esto, unido a los datos de fiabilidad favorables encontrados en nuestro estudio y los mencionados anteriormente, nos lleva a afirmar que la velocidad máxima es un indicador adecuado en la evaluación de la extremidad inferior en balonmano, siempre que sea en un esfuerzo de tiempo corto, como es el caso de la TDP. Por lo tanto, los programas de entrenamiento de las extremidades inferiores deben incluir ejercicios destinados a mejorar la velocidad máxima en acciones de corta duración.

Este estudio tiene varias limitaciones. Sería necesario hacer una familiarización más profunda ya que estamos ante una tecnología completamente nueva para todos los participantes del estudio. Sabiendo que solo se han utilizado dos procedimientos de carga, sería interesante una vez que se sabe que el 15% de la carga es más fiable y que alrededor del 30% del gesto se deforma mucho, saber a qué porcentaje de la carga se realiza esta prueba más confiable.

Sin embargo, nuestro estudio también tiene varios puntos fuertes. Es el primer estudio en el que se comprueba la fiabilidad de un test de una acción concreta de balonmano. Los resultados

nos brindan indicaciones de mayor fiabilidad en futuras investigaciones para estandarizar la prueba. Además, la ventaja de nuestra prueba frente a las anteriores es que es más específica, que utiliza por primera vez un movimiento de juego, y que se evalúa con un dispositivo DEMF, un desarrollo tecnológico, que permite combinar diferentes sensores, midiendo al mismo tiempo otras capacidades físicas como la fuerza, la aceleración o la potencia, y permite trabajar entrenamientos específicos con la misma dinámica de prueba, modificando variables de entrenamiento, como la intensidad o el volumen, que son claves para el rendimiento.

En futuras investigaciones sería deseable aumentar el tamaño de la muestra para conseguir una mayor fiabilidad relativa (Weir, 2005a). El estudio también podría realizarse en jugadores y jugadoras en formación, ya que pueden dar indicadores distintos en su realización y éste podría variar la fiabilidad de la prueba. Otra opción sería estudiar la fiabilidad de nuevos tests que miden específicamente las habilidades deportivas.

## 11.2.-DISCUSIÓN ESTUDIO 2.

El presente estudio fue diseñado para determinar la fiabilidad absoluta y relativa de tres Pruebas específicas de fuerza en jugadores de balonmano. Los resultados proporcionaron una alta fiabilidad y una fiabilidad aceptable para la fuerza media y pico de UP, SL y SF (rango CCI = 0.83–0.97 Rango CV = 3,90-11,57). Los principales hallazgos confirman que estas nuevas pruebas son un método confiable para la evaluación de la UP, SL y SF a través de DEMF.

Los hallazgos de este estudio están de acuerdo con otros autores (Wagner et al., (2019), (Hermassi et al., 2019); (Matthys et al., 2013) que presentaron buena y alta fiabilidad en pruebas específicas de balonmano. Tareas funcionales como el cambio de dirección, la velocidad de lanzamiento y la aceleración son esenciales para dominar el gesto deportivo, especialmente regulando la velocidad y la variabilidad de acción, junto con las decisiones tácticas, con el fin de optimizar la competición. Además, se encontró que las pruebas específicas de balonmano (movimientos de deslizamiento defensivo y velocidad de corta distancia) (CV < 10%) fueron más fiables que las generales pruebas físicas (CV > 13%) en jugadores jóvenes (Matthys et al., 2013).

La evaluación del rendimiento es una parte relevante del proceso de formación en los deportes de equipo para presentar información útil a los entrenadores. La mayoría de las pruebas de evaluación se han realizado con ejercicios generales, sin embargo, estas acciones son diferentes a las de competición. Algunos autores han estudiado antes pruebas específicas, como la velocidad de lanzamiento, el sprint y el cambio de dirección, que parecen ser un detector de rendimiento. La evolución de las pruebas físicas y específicas del juego dan información relevante sobre las demandas del balonmano (Palamas et al., 2015), (Hermassi et al., 2019).

La simplicidad de estos datos facilita la transferencia a los entrenadores y puede dar un impulso al crecimiento del deporte. En deportistas de élite como la población evaluada en este estudio, es decisivo aumentar la eficiencia, incluyendo las pruebas en el entrenamiento regular y para entrenar más inteligentemente. Recientemente, se ha observado una mayor velocidad de lanzamiento en atletas con mejor desempeño de habilidades (Koopmann et al., 2022). En otro estudio, los atletas de mayor nivel demuestran mayor capacidad de velocidad de lanzamiento, salto, agilidad y velocidad de carrera, aunque la velocidad de lanzamiento fue el parámetro más discriminante (Palamas et al., 2015)

Un estudio realizado por Hermassi et al, validó un test de agilidad específico de balonmano y encontró una asociación significativa con varias habilidades de balonmano (Hermassi et al., 2019). A pesar de estos hallazgos, hay pocas Pruebas de fuerza realizadas con gestos específicos del juego. La ventaja del desarrollo tecnológico establece una nueva oportunidad de investigación para verificar la validez de las pruebas funcionales. Por ejemplo, se ha determinado la fiabilidad de tres ejercicios de isquiotibiales con gomas incluyendo un puente de rodilla recta unilateral ( $r > 0,92$ ) (Agustín et al., 2020).

Pruebas incrementales, como el presente estudio, han sido propuestas en estudios realizadas con estos dispositivos (Maroto-Izquierdo et al., 2022); (Agustín et al., 2020). En uno de ellos, el promedio de todas las repeticiones establecidas se utilizó para obtener confianza (Spudić Smajla & Šarabon, 2020). La fuerza media mostró una fiabilidad aceptable en todas las medidas (CCI  $> 0,83$ ) con alta fiabilidad en UP derecho (CCI = 0,96; CV = 4,90) SL derecha (CCI = 0,97; CV = 3,90), en línea con resultados previos, y en contrario al hallazgo de que solo el curl de bíceps ( $r = 0.93$ ) mostró una alta fiabilidad entre otras pruebas (Bollinger et al., 2020). De hecho, la menor fiabilidad para la fuerza promedio fue en el no dominante lado de los sujetos.

Esta comparación debe tomarse con cautela debido al mecanismo del dispositivo. A diferencia del presente estudio, se muestra una mayor fiabilidad en pico fuerza que la fuerza promedio para ejercicios de isquiotibiales (Agustín et al., 2020).

Estos nuevos dispositivos necesitan un adecuado proceso de familiarización para asegurar la repetitividad de las medidas (Bollinger et al., 2020). Especialmente con movimientos variables (Jerez-Alcaldega et al., 2021). En un estudio realizado con jóvenes jugadores balonmanistas, las habilidades de lanzamiento mostraron poca fiabilidad cuando no se realizó un proceso de familiarización completo (Koopmann et al., 2022).

Este protocolo podría realizarse para establecer zonas de entrenamiento dependiendo de los objetivos planteados. Por ejemplo, se ha utilizado una prueba incremental con goma para determinar la carga de inercia óptima para desarrollar la potencia máxima (Maroto et al., 2022). Parece que la eficacia de este dispositivo es la adaptación de las cargas de entrenamiento o libre entrenamiento de resistencia con pesas (Maroto-Izquierdo et al., 2017). Además, el uso de DEMF permite establecer una carga individualizada en función de la condición del jugador, además de evaluar y entrenar al mismo tiempo.

La validez y fiabilidad de DEMF ha sido demostrada por diferentes autores (Baena-Raya et al., 2021); (Vega et al., 2018). El DEMF permite medir con diferentes modos dinámicos (tónico, cinético, elástico, inercial, cónico) y estático (isométrico, vibratorio) para la evaluación de la fuerza. En modo isocinética, se han realizado estudios de flexores del tronco, rotadores del hombro y oscilación de los isquiotibiales, con muy alto y alta confiabilidad absoluta y relativa en las velocidades probadas (Sánchez-Sánchez, et al., 2021); (Rodríguez-Perea et al., 2019).

La fiabilidad y la fiabilidad absoluta fueron alta en modo isométrico en los estudios realizados con movimientos de cadera y tirón de medio muslo (Baena-Raya et al., 2021); (Vega et al., 2018). En modo cinético, se obtuvo estabilidad repetitiva para las condiciones de fuerza

promedio y fuerza máxima en el ejercicio de sentarse a pararse, especialmente con 10 y 15 kg (Jerez-Alcaldega et al., 2021).

El protocolo de prueba de estos estudios no puede compararse con los datos actuales debidos precisamente al protocolo de la prueba. A pesar de esto, todos ellos mostraron una alta fiabilidad, así como el actual protocolo específico de balonmano. En oposición a dispositivos como máquinas isocinéticas que tienen movimientos delimitados, lo nuevo del DEMF es la posibilidad de evaluar los ejercicios de libre movimiento en diferentes modos, dinámico y estático. Esto abre la oportunidad de aumentar y mejorar medidas específicas que facilitan el uso de los datos.

Desafortunadamente, la principal limitación del presente estudio es la pequeña muestra ( $n = 14$ ). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la muestra es de un nivel de jugadores de elite con características homogéneas y mismo entrenamiento. Además, este protocolo de prueba puede estar afectado por la fatiga acumulada, a pesar de ello es rápido y ahorra tiempo. En futuras investigaciones, sería deseable aumentar el tamaño de la muestra para lograr una mayor fiabilidad. El estudio también podría llevarse a cabo en jugadores y jugadoras en formación, ya que podrían obtenerse diferentes indicadores de rendimiento y éstos en la prueba podrían variar la fiabilidad de la misma.

### 11.3.-DISCUSIÓN ESTUDIO 3.

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 en el presente estudio están en consonancia con investigaciones que han relacionado positivamente los niveles de fuerza y la velocidad de lanzamiento (Aguilar-Martínez et al., 2012; Chelly et al., 2010; Cherif et al., 2016; Marques et al., 2007; Ortega-Becerra et al., 2018). Sin embargo, en esta investigación se incluye 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, García-López, Fernández-Gonzalo, 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 encuentran en fase de desarrollo. En la investigación realizada por Martínez-García et al. (2021) con un trabajo de preactivación de miembros superiores, comprobando 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 (Dote-Montero et al., 2022; Jerez-Mayorga et al., 2020, 2021; Martínez-García et al., 2020; Martínez-García et al., 2021; Miranda-Fuentes et al., 2020, 2021; Rodríguez-Perea et al., 2021; Sánchez-Sánchez et al., 2021; 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

---



## **12.-CONCLUSIONES**

### **12.1.-CONCLUSIONES ESTUDIO 1.**

A pesar de las limitaciones metodológicas del estudio, y considerando los resultados obtenidos, podemos concluir que el TDP tiene una buena fiabilidad para la evaluación de la velocidad de desplazamiento corporal en jugadores de balonmano. De igual forma, podemos afirmar que la velocidad máxima es más confiable que la velocidad promedio y el 15% del peso corporal en el cual responde mejor al momento de evaluar dichos desplazamientos.

### **12.2.-CONCLUSIONES ESTUDIO 2.**

Los resultados del estudio muestran valores de fiabilidad altos a excelentes para todos los procedimientos. Con base a los resultados de este estudio, se puede concluir razonablemente que se recomienda la evaluación de las tres pruebas: UP, SL y SF debido a su aplicabilidad práctica. Estos resultados también confirman que las pruebas podrían ser aplicables para evaluar el rendimiento físico en balonmano al mismo tiempo que el entrenamiento regular de condición física, debido a su aplicabilidad práctica. Además, esta es una excelente oportunidad para individualizar la carga semanal de los jugadores.

### **12.3.-CONCLUSIONES ESTUDIO 3.**

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.



## **FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

---



## **13.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.**

### **13.1.-FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN. Estudio 1.**

Este estudio puede servir como paso previo a una investigación en la que se aplique un programa de entrenamiento particular para mejorar la fuerza de las extremidades inferiores en balonmano en relación con la velocidad de desplazamiento del cuerpo, especialmente en acciones defensivas. Si no encontramos mayor fiabilidad en estudios con mayor tamaño muestral, serviría de punto de partida para modificarlo e intentar encontrar la forma de evaluar de forma natural y libre un gesto concreto, como es la acción defensiva en balonmano. Si tal dispositivo puede estar disponible, los entrenadores pueden conocer la velocidad a la que el gesto es efectivo y manipular las cargas de forma variable sin afectar la velocidad, lo que resulta en mejoras en la fuerza de utilidad de los jugadores. La velocidad puede ser un indicador del desempeño del gesto natural controlado en el que el soporte de carga es efectivo. De la misma forma puede dar datos objetivos de qué fuerza aplicar en función de la edad y el sexo en la formación de los jugadores.

### **13.2.- FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN. Estudio 2.**

Desde una perspectiva práctica, estos resultados confirman que el DEMF podría ser aplicable a evaluar el rendimiento físico en el balonmano, que proporciona a investigadores y profesionales información al mismo tiempo que en el entrenamiento regular en el gimnasio. Además, la sesión de entrenamiento se puede configurar dependiendo del objetivo diario del jugador y el monitoreo de la carga semanal. La investigación futura podría establecer una relación entre cargas específicas y Rango de movimiento.

En futuras investigaciones, sería deseable aumentar el tamaño de la muestra para lograr una mayor fiabilidad. El estudio también podría llevarse a cabo en jugadores y jugadoras en formación, para con los resultados obtenidos adaptarles las planillas de preparación física de una forma más objetivo y parecida al gesto deportivo.

### **13.3.- FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN. Estudio 3.**

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 debe 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 (fintas con desplazamiento, cambios de dirección, desplazamientos con salto, etc.).

## LIMITACIONES

---



## **14.-LIMITACIONES.**

Estas investigaciones demuestran la necesidad de que especialistas y entrenadores encuentren más recursos similares a los gestos de competición para evaluar el juego. En todos los casos, se observan buenas formas de fiabilidad en estos gestos específicos. Sin embargo, es difícil comparar nuestro estudio con la literatura, ya que en ninguno de los estudios encontramos un gesto deportivo que se asemeje al gesto real y que mida velocidades de desplazamiento cortas.

### **14.1.-LIMITACIONES ESTUDIO 1.**

Este estudio tiene varias limitaciones. Sería necesario hacer una familiarización más profunda ya que estamos ante una tecnología completamente nueva para todos los participantes del estudio. Sabiendo que solo se han utilizado dos procedimientos de carga, sería interesante una vez que se sabe que el 15% de la carga es más fiable y que alrededor del 30% del gesto se deforma mucho, saber a qué porcentaje de la carga se realiza esta prueba más fiable.

En futuras investigaciones sería deseable aumentar el tamaño de la muestra para conseguir una mayor fiabilidad relativa (Weir, 2005a). El estudio también podría realizarse en jugadores y jugadoras en formación, ya que pueden tener diferentes indicadores de rendimiento y éste podría variar la fiabilidad de la prueba. Otra opción sería estudiar la fiabilidad de nuevos tests que miden específicamente las habilidades deportivas.

## **14.2.-LIMITACIONES ESTUDIO 2.**

Desafortunadamente, la principal limitación del presente estudio es la pequeña muestra (n = 14). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la muestra es de un nivel de jugadores de élite con características homogéneas y mismo entrenamiento. Además, este protocolo de prueba puede estar afectado por la fatiga acumulada, a pesar de ello es rápido y ahorra tiempo. En futuras investigaciones, sería deseable aumentar el tamaño de la muestra para lograr una mayor fiabilidad. El estudio también podría llevarse a cabo en jugadores y jugadoras en formación, ya que podrían obtenerse diferentes indicadores de rendimiento y éstos en la prueba podrían variar la fiabilidad de la misma.

## **14.3.-LIMITACIONES ESTUDIO 3.**

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 debe realizar con otras disciplinas y con métodos más tradicionales de entrenamiento de la fuerza. En futuras investigaciones utilizar muestras en jugadores y jugadoras en formación, para así sacar datos objetivos que sirvan para el diseño de sesiones que mejoren la fuerza en relación a la velocidad de lanzamiento.

## REFERENCIAS

---



## 15.-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>
- Agustín RMS, Sánchez-Barbadora M, García-Vidal JA. Validity of an inertial system for 401 measuring velocity, force, and power during hamstring exercises performed on a flywheel resistance training device. *PeerJ*. 2020 ; 8:1–13.
- 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>
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., & Newton, R. U. (2020). Unilateral and Bilateral Lower-Body Resistance Training Does not Transfer Equally to Sprint and Change of Direction Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(1), 54– 64. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003035>
- Atalay, E. S., Tarakci, D., & Algun, C. (2018). Are the functional movement analysis scores of handball players related to athletic parameters ? *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(6), 954–959. <https://doi.org/10.12965/jer.1836372.186>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sport medicine. *Sports Med*, 26(4), 217–238. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9820922>

Baena-Raya A, Díez-Fernández DM, García-Ramos A, Soriano-Maldonado A, Rodríguez-Pérez MA. Concurrent validity and reliability of a functional electromechanical dynamometer to assess isometric mid-thigh pull performance. *Proc Inst Mech Eng Part P J Sport Eng Technol*. 2021.

Bollinger LM, Brantley JT, Tarlton JK, Baker PA, Seay RF, Abel MG. Construct Validity, Test-Retest Reliability, and Repeatability of Performance Variables Using a Flywheel Resistance Training Device. *J Strength Cond Res [Internet]*. 2020 ; 34(11). Available from : [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2020/11000/Construct\\_Velocity,\\_Test\\_Retest\\_Reliability,\\_and.17.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2020/11000/Construct_Velocity,_Test_Retest_Reliability,_and.17.aspx)

Bridgeman, L. A., McGuigan, M. R., Gill, N. D., & Dulson, D. K. (2016). Test-Retest Reliability of a Novel Isokinetic Squat Device With Strength-Trained Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3261–3265. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001410>

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>

Chirosa-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>

Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* Second Edition. 1988. 30.  
Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sport medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 ; 41(1) :3–12.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* Second Edition.  
Daneshfar, A., Gahreman, D. E., Koozehchian, M. S., Amani Shalamzari, S., Hassanzadeh Sablouei, M., Rosemann, T., Knechtle, B., & Nikolaidis, P. T. (2018). Multi Directional Repeated Sprint Is a Valid and Reliable Test for Assessment of Junior Handball Players. *Frontiers in Physiology*, 9, 317. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00317>

Comparison of In-Season-Specific Resistance vs. A Regular Throwing Training Program on Throwing Velocity, Anthropometry, and Power Performance in Elite Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2105–2114. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000855>  
Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for Analysis of Validity and Reliability. *Sportscience*, 19, 36–42.

Courel-Ibáñez J, Martínez-Cava A, Morán-Navarro R, Escribano-Peñas P, Chavarren-Cabrero J, González-Badillo JJ, et al. Reproducibility and Repeatability of Five Different Technologies for Bar Velocity Measurement in Resistance Training. *Ann Biomed Eng.* (2019)

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>

Dello Iacono, A., Ardigò, L. P., Meckel, Y., & Padulo, J. (2016). Effect of Small-Sided Games and Repeated Shuffle Sprint Training on Physical Performance in Elite Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(3), 830–840. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001139>

Dote-Montero, M., Pelayo-Tejo, I., Molina-Garcia, 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>

Faigenbaum AD, Lloyd RS, MacDonald J, Myer GD. Citius, Altius, Fortius : beneficial effects of resistance training for young athletes : Narrative review. *Br J Sports Med*. 2016 ; 50(1).  
Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes : safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med*. 2010 ; 44(1) :56–63.

Farley JB, Stein J, Keogh JWL, Woods CT, Milne N. The Relationship Between Physical Fitness Qualities and Sport-Specific Technical Skills in Female, Team-Based Ball Players : A Systematic Review. *Sport Med - Open* [Internet]. 2020 ; 6(1) :18. Available from : <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00245-y>

Ferragut C, Vila H, Abrales JA, Manchado C. Influence of Physical Aspects and Throwing Velocity in Opposition Situations in Top-Elite and Elite Female Handball Players. *J Hum Kinet*. 2018 Aug ; 63:23–32.

- Ferragut, C., Vila, H., Abraldes, 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>
- Fulton, S. K., Pyne, D., Hopkins, W., & Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 535–539. <https://doi.org/10.1080/02640410802641418> functional electromechanical dynamometer : effects of velocity. PeerJ [Internet]. 2020
- 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.
- Gonosova, Z., Stastny, P., Belka, J., Bizovska, L., & Lehnert, M. (2018). Muscle Strength Variations of Knee Joint Muscles in Elite Female Handball Players after Pre-Season Conditioning. *Journal of Human Kinetics*, 63, 105–115. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0011>
- 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>

- Haugen, T. A., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2016). Physical and physiological characteristics of male handball players : influence of playing position and competitive level. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(1–2), 19–26.
- Helland, C., Haugen, T., Rakovic, E., Eriksrud, O., Seynnes, O., Mero, A. A., & Paulsen, G. (2019). Force-velocity profiling of sprinting athletes : single-run vs. multiple-run methods. *European Journal of Applied Physiology*, 119(2), 465–473. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4045-2>
- Hermassi S, Souhail CM, Fieseler G, Bouhafis EG, Schulze S, Irlenbusch L, et al. Validity of New Handball Agility Test : Association With Specific Skills and Muscular Explosive Determinants of Lower Limbs in Young Handball Players. *DRASSA J Dev Res Sport Sci Act*. 2019 ; 3(1):79–103.
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Bragazzi, N. L., Shephard, R. J., & Schwesig, R. (2019). In-Season Weightlifting Training Exercise in Healthy Male Handball Players : Effects on Body Composition, Muscle Volume, Maximal Strength, and Ball-Throwing Velocity.
- Hermassi, S., Chelly, M.-S., Wollny, R., Hoffmeyer, B., Fieseler, G., Schulze, S., Irlenbusch, L., Delank, K.-S., Shephard, R. J., Bartels, T., & Schwesig, R. (2018). Relationships between the handball-specific complex test, non-specific field tests and the match performance score in elite professional handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 778–784. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07373-X>
- Hermassi, S., Delank, K. S., Fieseler, G., Bartels, T., Chelly, M. S., Khalifa, R., Laudner, K., Schulze, S., & Schwesig, R. (2019). Relationships Between Olympic Weightlifting Exercises, Peak Power of the Upper and Lower Limb, Muscle Volume and Throwing Ball Velocity in Elite Male Handball Players. *Sportverletzung Sportschaden : Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, 33(2), 104–112. <https://doi.org/10.1055/a-0625-8705>

Hermassi, S., Schwesig, R., Wollny, R., Fieseler, G., van den Tillaar, R., Fernandez-Fernandez, J., Shephard, R. J., & Chelly, M.-S. (2018). Shuttle versus straight repeated-sprint ability tests and their relationship to anthropometrics and explosive muscular performance in elite handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(11), 1625–1634. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07551-X>

Hermassi, S., van den Tillaar, R., Khelifa, R., Chelly, M. S., & Chamari, K. (2015). <https://doi.org/sportsci.org/2017/wghxls.htm>

Iglesias-Caamaño M, Álvarez-Yates T, Carballo-López J, Cuba-Dorado A, García- García O. Interday Reliability of a Testing Battery to Assess Lateral Symmetry and Performance in Well-Trained Volleyball Players. *J Strength Cond Res [Internet]*. 2022 ; 36 (4). Available from : [https://journals.lww.com/nsca- International Journal of Environmental Research and Public Health](https://journals.lww.com/nsca-InternationalJournalofEnvironmentalResearchandPublicHealth), 16(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph16224520>

Jerez-Mayorga D, Huerta-Ojeda Á, Chiroso-Ríos LJ, Guede-Rojas F, Guzmán-Guzmán IP, Intelangelo L, et al. Test–retest reliability of functional electromechanical dynamometer on five sit-to-stand measures in healthy young adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(13).

Jerez-Mayorga, D., Delgado-Floody, P., Intelangelo, L., Campos-Jara, C., Arias-Poblete, L., García-Verazaluce, J., Garcia-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>

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>  
[jscr/Fulltext/2022/04000/Interday\\_Reliability\\_of\\_a\\_Testing\\_Battery\\_to.3.aspx](https://www.mdpi.com/1660-4601/18/4/4000/fulltext)

Karcher C, Buchheit M. On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Med*. 2014 Jun ; 44(6):797–814.

Kniubaite, A., Skarbalius, A., Clemente, F. M., & Conte, D. (2019). Quantification of external and internal match loads in elite female team handball. *Biology of Sport*, 36(4), 311–316. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2019.88753>

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>

Koopmann T, Lath F, Büsch D, Schorer J. Predictive Value of Technical Throwing Skills on Nomination Status in Youth and Long-Term Career Attainment in Handball. *Sport Med - Open* [Internet]. 2022 ; 8(1) :6. Available from : <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00397-5>

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>

Kvorning, T., Hansen, M. R. B., & Jensen, K. (2017). Strength and Conditioning Training by the Danish National Handball Team Before an Olympic Tournament. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 1759–1765. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001927>

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>

Lidor R, Falk B, Arnon M, Cohen Y, al et. MEASUREMENT OF TALENT IN TEAM 337 HANDBALL : THE QUESTIONABLE USE OF MOTOR AND PHYSICAL TESTS. *J strength Cond Res* [Internet]. 2005 May ; 19 (2) :318–25. Available from : <https://www.proquest.com/scholarly-journals/measurement-talent-team-handball-questionable-use/docview/213108873/se-2 ? Accountid=14542>

Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2017). High-Intensity Events in International Women's Team Handball Matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 56–61. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0641>

Madruaga-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-Martinez J, Vila H, Ferragut C, Platen P. Performance factors in women's team handball : physical and physiological aspects--a review. *J strength Cond Res*. 2013 Jun; 27(6):1708–19.

Manchado, C., Pueo, B., Chiroso-Rios, L. J., & Tortosa-Martínez, J. (2021a). Time–motion analysis by playing positions of male handball players during the european championship 2020. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062787>

Manchado, C., Pueo, B., Chiroso-Rios, L. J., & Tortosa-Martínez, J. (2021b). Time-Motion Analysis by Playing Positions of Male Handball Players during the European Championship 2020. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph18062787>

Manchado, C., Tortosa Martínez, J., Pueo, B., Cortell Tormo, J. M., Vila, H., Ferragut, C., Sánchez Sánchez, F., Busquier, S., Amat, S., & Chiroso Ríos, L. J. (2020). High-Performance Handball Player’s Time-Motion Analysis by Playing Positions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph17186768>

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, Fernandez-Gonzalo R, Moreira OC, González- Gallego J, de Paz JA. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training : a systematic review and meta-analysis. *Sci Med Sport* [Internet]. 2017;20(10):943–51. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.004>

Maroto-Izquierdo S, McBride JM, González-Diez N, García-López D, González-Gallego J, de Paz JA. Comparison of Flywheel and Pneumatic Training on Hypertrophy, and Power in Professional Handball Players. *Res Q Exerc Sport* [Internet]. 2022 Jan 2 ; 93(1) :1–15. Available from : <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1762836>

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., & González-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/ijsp.2.4.414>

Martinez-Garcia D, Rodriguez-Perea A, Barboza P, Ulloa-Díaz D, Jerez-Mayorga D, Chiroso I, et al. Reliability of a standing isokinetic shoulder rotators strength test using a functional electromechanical dynamometer : effects of velocity. *PeerJ* [Internet]. 2020

Martínez-García D, Rodríguez-Perea Á, Huerta-Ojeda Á, Jerez-Mayorga D, Aguilar- Martínez D, Chiroso-Rios I, et al. Effects of Pre-Activation with Variable Intra- Repetition Resistance on Throwing Velocity in Female Handball Players : A Methodological Proposal. *J Hum Kinet.* 2021; 77(1):235–44.

Martinez-Garcia, D., Rodriguez-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>

Martinez-Garcia, D., Rodriguez-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>

Matthys SPJ, Vaeyens R, Franssen J, Deprez D, Pion J, Vandendriessche J, et al. A longitudinal study of multidimensional performance characteristics related to physical capacities in youth handball. *J Sports Sci.* 2013 ; 31(3) :325–34.

McQuilliam SJ, Clark DR, Erskine RM, Brownlee TE. Free-Weight Resistance Training in Youth Athletes : A Narrative Review. *Sport Med.* 2020 ; 50(9) :1567–80.

Michalsik, L. B. (2018). On-Court Physical Demands and Physiological Aspects in Elite Team Handball BT - Handball Sports Medicine : Basic Science, Injury Management and Return to Sport (L. Laver, P. Landreau, R. Seil, & N. Popovic (eds.) ; pp. 15–33). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55892-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55892-8_2)

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>

Morin JB, Le Mat Y, Osgnach C, Barnabò A, Pilati A, Samozino P, et al. Individual 318 acceleration-speed profile in-situ : A proof of concept in professional football players. *Biomech*. 2021 Jun 23 ; 123 :110524.

Naisidou S, Kepesidou M, Kontostergiou M, Zapartidis I. Differences of physical abilities between successful and less successful young female athletes. *J Phys Educ Sport*. 2017 ; 17(1):294–9. Oct 27 ; 8 :e9951. Available from : <https://peerj.com/articles/9951>

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, Jimenez-Reyes P, Cuadrado-Penafiel V, González-Badillo JJ. DETERMINANT FACTORS OF PHYSICAL PERFORMANCE AND SPECIFIC THROWING IN HANDBALL PLAYERS OF DIFFERENT AGES. *J STRENGTH Cond Res*. 2018; 32(6):1778–86.

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 ZK, Tsakalou L, Natsis P, Kokaridas D. The Use of Anthropometric and Skill Data to Identify Talented Adolescent Team Handball Athletes. *J Phys Educ Sport Manag*. 2015 ; 2(2) :174–83.

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>

Rodriguez-Perea Á, Jerez-Mayorga D, García-Ramos A, Martínez-García D, Chiroso Ríos LJ. Reliability and concurrent validity of a functional electromechanical dynamometer device for the assessment of movement velocity. *Proc Inst Mech Eng Part P J Sport Eng Technol*. 2021 ; 235(3):176–81.

Rodriguez-Perea A, Ríos LJC, Martinez-Garcia D, Ulloa-Díaz D, Rojas FG, Jerez- 381 Mayorga D, et al. Reliability of isometric and isokinetic trunk flexor strength using a functional electromechanical dynamometer. *PeerJ*. 2019; 2019(10):1–17.

Rodriguez-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, Part P : Journal of Sports Engineering and Technology*, 1754337120984883. <https://doi.org/10.1177/1754337120984883>

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>

Rodríguez-Perea, A., Ríos, L. J. C., Martínez-García, D., Ulloa-Díaz, D., Rojas, F. G., Jerez-Mayorga, D., & Ríos, I. J. C. (2019). Reliability of isometric and isokinetic trunk flexor strength using a functional electromechanical dynamometer. *PeerJ*, 2019(10), 1–17. <https://doi.org/10.7717/peerj.7883>

Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 530–538. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1282046>

Salaj, S., & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change-of-direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249–1255. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da77df>

Sánchez-Sánchez AJ, Chiroso-Ríos LJ, Chiroso-Ríos IJ, García-Vega AJ, Jerez-Mayorga D. Test-retest reliability of a functional electromechanical dynamometer on swing eccentric hamstring exercise measures in soccer players. *PeerJ*. 2021; 9:1–13.

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>

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.

Seitz, L. B., Rivière, M., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). The athletic performance of elite rugby league players is improved after an 8-week small-sided game training intervention. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 971–975. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1f24a>

Simperingham, K. D., Cronin, J. B., & Ross, A. (2016). Advances in Sprint Acceleration Profiling for Field-Based Team-Sport Athletes : Utility, Reliability, Validity and Limitations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(11), 1619–1645. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0508-y>

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>

Spasic M, Krolo A, Zenic N, Delextrat A, Sekulic D. Reactive Agility Performance in Handball ; Development and Evaluation of a Sport-Specific Measurement Protocol. *J Sport Sci Med.* 2015 ; 14(3) :501–6.

Spudić D, Smajla D, Šarabon N. Validity and reliability of force–velocity outcome parameters in flywheel squats. *J Biomech.* 2020 Jun 23 ; 107 :109824.

Starczewski, M., Borkowski, L., & Zmijewski, P. (2020). Repeated Sprint Ability Demands in U16 to U19 Highly Trained Handball Players Concerning Playing Position. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/ijerph17165959>

Szymanski, D. J. (2013). Preseason Training for Youth Baseball Players. *Strength & Conditioning Journal*, 35(3). [https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2013/06000/Preseason\\_Training\\_for\\_Youth\\_Baseball\\_Players.9.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2013/06000/Preseason_Training_for_Youth_Baseball_Players.9.aspx)

Tereso D, Paulo R, Petrica J, Duarte-Mendes P, Gamonales JM, Ibáñez SJ. Assessment of body composition, lower limbs power, and anaerobic power of senior soccer players in Portugal : Differences according to the competitive level. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 ; 18(15).

Van den Tillaar, R., & Marques, M. C. (2011). A comparison of three training programs with the same workload on overhead throwing velocity with different weighted balls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2316–2321. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f159d6>

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>

Vega EC, Jerez-Mayorga D, Payer RM, Jara CC, Guzman-Guzman I, Ponce AR, et al. Validity and reliability of evaluating hip abductor strength using different normalization methods in a functional electromechanical device. *PLoS One*. 2018 ; 13(8) :1–12.

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, Wurth S, von Duvillard SP. Individual and Team Performance in Team-Handball : A Review. *J Sport Sci Med*. 2014 ; 13(4) :808–16.

Wagner H, Sperl B, Bell JW, von Duvillard SP. Testing Specific Physical Performance in Male Team Handball Players and the Relationship to General Tests in Team Sports. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2019 ; 33(4). Available from : [https://journals.lww.com/nsca-scr/Fulltext/2019/04000/Testing\\_Specific\\_Physical\\_Performance\\_in\\_Male\\_Team.18.as](https://journals.lww.com/nsca-scr/Fulltext/2019/04000/Testing_Specific_Physical_Performance_in_Male_Team.18.as)

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., 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., Fuchs, P. X., & von Duvillard, S. P. (2018). Specific physiological and biomechanical performance in elite, sub-elite and in non-elite male team handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(1–2), 73–81. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06758-X>

Wagner, H., Fuchs, P., & Michalsik, L. B. (2020). On-court game-based testing in world-class, top-elite, and elite adult female team handball players. *Translational Sports Medicine*, 3(3), 263–270. <https://doi.org/10.1002/tsm2.139>

Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2016). Testing Game-Based Performance in Team-Handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2794–2801. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000580>

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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(4). [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2019/04000/Testing\\_Specific\\_Physical\\_Performance\\_in\\_Male\\_Team.18.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2019/04000/Testing_Specific_Physical_Performance_in_Male_Team.18.aspx)

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>

Weir, J. P. (2005a). The Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. <https://doi.org/10.1519/15184.1>

Weir, J. P. (2005b). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. <https://doi.org/10.1519/15184.1>

Young, W., & Rogers, N. (2014). Effects of small-sided game and change-of-direction training on reactive agility and change-of-direction speed. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 307–314. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.823230>

Zemková E, Hamar D. Sport-specific assessment of the effectiveness of neuromuscular training in young athletes. *Front Physiol*. 2018; 9(APR).



## ANEXOS

---



## **16.-ANEXOS**

**16.1.-ANEXO 1. “TEST DEFENSIVO DE DOS PASOS EN JUGADORES DE BALONMANO: FIABILIDAD DE UN NUEVO TEST PARA EVALUAR LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO”.**

<https://ojs.e-balonmano.com/index.php/revista/article/view/613>

**16.2.-ANEXO 2. “FIABILIDAD TEST-RETEST DE TRES PRUEBAS DE FUERZA ESPECÍFICAS EN JUGADORES PROFESIONALES DE BALONMANO”.**

<https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/aop/article-10.1123-jsr.2022-0267/article-10.1123-jsr.2022-0267.xml?rskey=jQHYQF&result=1>

**16.3.-ANEXO 3. “RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO Y LA FUERZA ESPECÍFICA EVALUADA A TRAVÉS DE DINAMOMETRÍA ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL (DEMF)”.**

<https://revista-ebalonmano.unex.es/index.php/ebalonmano/article/view/2110>