



UNIVERSIDAD SAN JORGE
Facultad de Ciencias de la Salud

Programa de doctorado en Ciencias de la Salud

ESTUDIO DEL LANZAMIENTO EN BALONMANO:

*ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RENDIMIENTO
ANTROPOMÉTRICOS EN ETAPAS DE FORMACIÓN Y
TÉCNICOS-TÁCTICOS EN ALTO RENDIMIENTO Y SU
INFLUENCIA EN LA EFICACIA, VELOCIDAD Y TOMA DE
DECISIÓN DEL LANZAMIENTO*



Jaime Tuquet Higuera

TESIS DOCTORAL

Villanueva de Gállego, 2022



UNIVERSIDAD SAN JORGE
Facultad de Ciencias de la Salud

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DEL LANZAMIENTO EN BALONMANO:
ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RENDIMIENTO
ANTROPOMÉTRICOS EN ETAPAS DE FORMACIÓN Y
TÉCNICOS-TÁCTICOS EN ALTO RENDIMIENTO Y SU
INFLUENCIA EN LA EFICACIA, VELOCIDAD Y TOMA DE
DECISIÓN DEL LANZAMIENTO**

entregada por

JAIME TUQUET HIGUERA

Director:

Dr. Demetrio Lozano Jarque

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Lozano Jarque', positioned below the printed name of the director.

Villanueva de Gállego, 29 de agosto de 2022

Dr. Demetrio Lozano Jarque, Profesor contratado Doctor de la Universidad Jorge

Director,

CERTIFICA

Que el trabajo de investigación recogido en la presente Tesis titulada: **“Estudio del lanzamiento en balonmano: análisis de los factores de rendimiento antropométricos en etapas de formación y técnicos-tácticos en alto rendimiento y su influencia en la eficacia, velocidad y toma de decisión del lanzamiento”**, presentada en la Universidad San Jorge, ha sido realizado bajo mi dirección, por el doctorando Don Jaime Tuquet Higuera y autorizo su presentación para optar al grado de Doctor.

Y para que conste, firmo el presente certificado en Villanueva de Gállego (Zaragoza), a 29 de agosto del 2022.

Firma director:



Nombre: Demetrio Lozano Jarque

Fecha: 29/08/2022

“El éxito no es la victoria, sino todo lo que has peleado por ganar”

Rafael Nadal

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a la Universidad San Jorge por que en ella he podido desarrollar la mayor parte de mi formación universitaria, permitiéndome, gracias a la implicación de sus profesionales, desarrollarme en todos los ámbitos y fomentando en mi, el interés por la investigación que deriva en el desarrollo de esta tesis... que espero sea solo el comienzo.

A aquellas personas que durante mi etapa deportiva inculcaron en mi esa pasión por el deporte, principalmente por el balonmano, que sin duda ha marcado mi vida. Entrenadores y compañeros que terminaron siendo amigos con los que seguir compartiendo entrenamientos, debates, partidos...en definitiva, horas de mucho balonmano.

A las personas que componen la muestra de esta tesis y que desinteresadamente han colaborado poniendo todas las facilidades posibles, algo por suerte, característico de nuestro deporte, clubes, federación, jugadores y entrenadores.

A mis compañeros de investigación, me siento afortunado de haber podido colaborar con grandes profesionales, siendo además muy especial compartir proyectos tan enriquecedores con grandes amigos.

A mi director, Deme, tras años de compartiendo experiencias desde todos los roles posibles siendo director de campus, compañero, entrenador y profesor, solo puedo sentirme afortunado de sumar el de director de tesis y seguir aprendiendo de tu mano. Tu palmarés deportivo es de sobra conocido por todos, pero el lado humano lo supera con creces, gracias por tanta paciencia y por implicarte como si fuera tu misma tesis.

A mi hermano, Pablo, por compartir parte del camino y más aficiones de las que hubiéramos imaginado, por ser el mayor ejemplo de esfuerzo y lucha para conseguir sus sueños y por supuesto por llenarnos felicidad, junto a Laura, con la llegada de Claudia.

A Marta, por comprender siempre las dificultades y la falta de tiempo, siendo además la primera en animarme a continuar en los momentos duros. Gracias por poner calma y una visión positiva cuando todo se revoluciona, por compartir tantos momentos y proyectos, que son solo en inicio...

Por último, quiero agradecer especialmente a mis padres, cuyo esfuerzo y ánimo me ha permitido dedicarme a lo que siempre había querido, por guiarnos siempre en el camino y por querernos como lo hacen. Gracias, mamá, por preocuparte siempre por nosotros y por exigirnos, mientras haces lo imposible por ayudarnos. Gracias, padre, por estar siempre dispuesto a ayudar y encontrar una solución a todos los problemas, y por guiarme en muchas de mis aficiones.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	6
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS	11
ABREVIATURAS.....	12
PREÁMBULO.....	14
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	19
1 INTRODUCCIÓN.....	22
1.1 El balonmano.....	22
1.2 El lanzamiento	22
1.3 Factores determinantes en el lanzamiento a portería.....	23
1.3.1 La velocidad y precisión	24
1.3.2 Características antropometrías del jugador/a	25
1.3.3 La distancia de lanzamiento	26
1.3.4 El tipo de armado	27
1.3.5 El ciclo de pasos.....	27
1.3.6 El pie de apoyo.....	28
1.3.7 El salto.....	28
1.3.8 La toma de decisión	29
Referencias.....	31
2 JUSTIFICACIÓN	45
3 HIPÓTESIS.....	46
Referencias.....	46
4 OBJETIVOS.....	48
4.1 Objetivo general	48
4.2 Objetivos específicos.....	48
5 MATERIAL Y MÉTODOS	50
5.1 Análisis antropométrico.....	52
5.2 Metodología observacional.....	52
5.3 Análisis de la altura del salto.....	54
5.4 Velocidad de lanzamiento	55
5.5 Precisión de lanzamiento	56
5.6 Test toma de decisión	57

Referencias.....	61
6 RESULTADOS	65
LISTA DE PUBLICACIONES.....	65
Estudio 1. Relationship between anthropometric parameters and throwing speed in amateur male handball players at different ages.....	66
Estudio 2. Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball.....	78
Estudio 3. Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men’s Elite Handball	91
Estudio 4. Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball.....	103
7 RESUMEN DE RESULTADOS.....	123
8 DISCUSIÓN.....	127
Referencias.....	136
9 LIMITACIONES	143
Referencias.....	145
10 CONCLUSIONES	147
11 ANEXOS	150
11.1 ANEXO 1. FI-379. Aceptación de coautores de publicaciones en tesis doctorales por compendio de artículos	152
11.2 ANEXO 2. Memoria económica	164
11.3 ANEXO 3. Información al participante.....	165
11.4 ANEXO 4. Comité de ética de los estudios.....	172
11.5 ANEXO 5. Autorización clubes participantes.....	173

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Stalker Pro 2 Ruder Gun (Estudio 1).....	56
Ilustración 2. Protocolo de análisis de la precisión.....	57
Ilustración 3. Toma de datos.....	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Muestra de todos los estudios	51
Tabla 2. Variables y descripciones	53
Tabla 3. Resumen de la metodología empleada en los artículos que componen la presente tesis doctoral.....	59
Tabla 4. Resumen de los principales resultados obtenidos en los estudios que componen esta tesis doctoral	123

ABREVIATURAS

CMJ	Salto con contramovimiento
CMJL	Salto con contramovimiento con la pierna izquierda
CMJR	Salto con contramovimiento con la pierna derecha
g	Gramos
HD	Alta definición
IHF	Federación Internacional de Balonmano
IMC	Índice de Masa Corporal
ISAK	<i>International Society for the Advancement of Kinanthropometry</i>
kg	Kilogramos
m	Metros
mm	Milímetros
RFEBM	Real Federación Española de balonmano
TS	Velocidad de lanzamiento (<i>Throw Speed</i>)
VL	Velocidad de lanzamiento
TS JUMP	Velocidad de lanzamiento en salto
TSD	Velocidad de lanzamiento con toma de decisión
TSD T1	Velocidad de lanzamiento con toma de decisión con 0 segundos de retardo
TSD T2	Velocidad de lanzamiento con toma de decisión con 0,100 segundos de retardo
TSD T3	Velocidad de lanzamiento con toma de decisión con 0,250 segundos de retardo
U12	Edad por debajo de 12 años
U14	Edad por debajo de 14 años
U16	Edad por debajo de 16 años
U18	Edad por debajo de 18 años

PREÁMBULO

La presente Tesis doctoral se compone de nueve apartados, estructurados de la siguiente manera:

Un primer [PREÁMBULO](#) en el que se resumen los principales hallazgos de cada sección que serán desarrollados en los diferentes apartados, junto con el listado de artículos que componen la memoria. En la sección [1. INTRODUCCIÓN](#) se realiza una revisión del lanzamiento en balonmano. Más concretamente de los parámetros antropométricos y como afectan a la velocidad de lanzamiento, de las variables que afectan al lanzamiento en competición y de los factores determinantes para esta acción. La sección [2. JUSTIFICACIÓN](#), se indica el porque se realiza este estudio, y en la [3. HIPÓTESIS](#), que resultados se esperan encontrar. [4. OBJETIVOS](#) recoge el objetivo principal de la tesis y los objetivos secundarios de la misma, ordenados secuencialmente según los artículos de esta tesis doctoral. En el apartado [5. MATERIAL Y MÉTODOS](#) se recogen los materiales principales y las metodologías desarrolladas en los estudios llevados a cabo. En el apartado [6. RESULTADOS](#) se muestran los artículos de investigación respetando los formatos con lo que han sido presentados previamente en las revistas científicas. Seguidamente, en la sección [7. RESUMEN DE RESULTADOS](#) se presenta una tabla resumen con los resultados principales de cada uno de los artículos de la tesis. El apartado [8. DISCUSIÓN](#) se realiza una comparación entre los resultados obtenidos y la información sobre el lanzamiento en balonmano existente en la bibliografía científica. En la sección de [9. LIMITACIONES](#), se indican los impedimentos encontrados durante el desarrollo de los diferentes estudios. El apartado [10. CONCLUSIONES](#) destaca las principales conclusiones obtenidas en los estudios, así como la aplicación de los resultados obtenidos. En el último apartado, [11. ANEXOS](#) se adjunta información relativa a los estudios de investigación como los informes aprobados del Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón: CEICA, los consentimientos informados y la aprobación de los clubes.

RESUMEN

El balonmano es un deporte colectivo con amplia repercusión en todo el mundo. Este deporte se caracteriza por acciones intermitentes de alta intensidad, la velocidad de ataque-defensa cambia durante el juego, una gran variedad de acciones técnicas ofensivas y defensivas, así como por la interacción de esquemas tácticos complejos. Este deporte se integra dentro de los deportes de equipo de cooperación con espacio común, entendiendo la cooperación como la utilización de diferentes medios técnicos y tácticos para la consecución de un fin común, marcar gol en la fase ofensiva y evitar que lo marquen en la fase defensiva.

El lanzamiento a portería es la acción técnico-táctica que permite al jugador/a marcar gol. Esta definido como la acción más relevante para la consecución del éxito en balonmano, y es importante conocer los factores de rendimiento que afectan a la ejecución de esta acción y para poder conocer en el proceso de enseñanza-aprendizaje técnico-táctica del mismo. Dos de los factores más determinantes son la velocidad y la precisión, estando influenciados ambos por la coordinación, la técnica o la antropometría del jugador/a.

La detección de talentos en balonmano está influenciada por las características antropométricas de los jugadores/as y su relación con diferentes pruebas condicionales como pueden ser la capacidad de salto, la velocidad de lanzamiento o el índice de masa corporal, entre otros.

La eficacia del lanzamiento determina la calidad del jugador/a en fase ofensiva y está influenciada por multitud de variables como pueden ser: la distancia, la zona de lanzamiento, el tipo, el ciclo de pasos previo, el ángulo o la posición de juego. Igualmente, factores contextuales como el resultado del partido, jugar en casa o fuera o la superioridad o inferioridad durante el partido y otros muchos de esta naturaleza. Los entrenadores e investigadores en balonmano, afirman que es importante dominar el mayor número de recursos técnico-tácticos para triunfar en la competición siendo capaz de tener variabilidad y adaptación a los requerimientos propios del juego.

Por ello, un correcto análisis de los lanzamientos debe comprender la acción coordinativa y técnico-táctica incluyendo la toma de decisión ante la posible oposición.

Ya que, la existencia de esta oposición acrecienta la importancia de la toma de decisión de forma continua en todas las acciones, estando además la velocidad y precisión estrechamente relacionada con el tipo de oposición existente.

El objetivo principal de esta tesis doctoral fue analizar el lanzamiento en balonmano, investigando la influencia de los factores antropométricos en este gesto, los factores determinantes en la eficacia de lanzamiento en alta competición y la relevancia de la toma de decisión en cuanto a la velocidad y la presión.

Para llevar a cabo el objetivo principal se realizaron varios estudios que se reflejan en 4 artículos: i) Relationship between anthropometric parameters and throwing speed in amateur male handball players at different ages (**Artículo 1**); ii) Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball (**Artículo 2**); iii) Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball (**Artículo 3**); iv) Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball (**Artículo 4**).

Los principales hallazgos de la presente tesis doctoral son: i) El índice de masa corporal, la envergadura de los brazos y la altura han demostrado ser buenos predictores de la velocidad de lanzamiento en jugadores amateurs de balonmano. Sin embargo, es necesario realizar más estudios en esta área para lograr un mayor consenso entre los investigadores; ii) Los factores de rendimiento que más influyen en el resultado del lanzamiento son la distancia desde donde se realiza y el tipo de lanzamiento. Estos hallazgos ayudarán a los entrenadores/as en la búsqueda tareas de entrenamiento que trabajen las acciones de lanzamiento efectivas desde diferentes distancias y variando los tipos de lanzamiento; iii) El mayor porcentaje de tiros en balonmano se realizan con dos pasos previos al lanzamiento, especialmente desde más allá de la línea de 9 metros. Los lanzamientos entre 6 y 9 metros se ejecutan en mayor medida con un ciclo previo de tres pasos y los lanzamientos desde la línea de 6 metros se realizan mayoritariamente con cero o un paso. Los entrenadores deben trabajar con la máxima variabilidad, sobre todo en formación, para que el jugador/a alcance el pleno dominio del ciclo de pasos y esto le permita adaptarse de una manera eficaz a los condicionantes de cada lanzamiento. iv) El rendimiento del lanzamiento de balonmano, en términos de velocidad y precisión, se ve afectado cuando los jugadores tienen menos tiempo para decidir la ubicación debido a la toma de decisiones. Sin embargo, estas deficiencias dependen del nivel competitivo de

los jugadores, ya que los profesionales demuestran ser capaces de minimizarlas, en comparación con los aficionados. Los entrenadores/as y deportistas deben ser conscientes de la necesidad de un entrenamiento específico de lanzamiento que incluya tareas de toma de decisiones, haciendo hincapié en reducir progresivamente el tiempo de elección, con el fin de desarrollar la capacidad de anotar de los jugadores/as en el juego ofensivo.

Palabras clave: rendimiento deportivo; velocidad de lanzamiento; efectividad; toma de decisiones.

ABSTRACT

Handball is an Olympic team sport with wide repercussions all over the world. This sport is characterized by high-intensity intermittent actions, the attack-defense speed changes during the game, a great variety of offensive and defensive technical actions, as well as complex tactical schemes. This sport is integrated into cooperation team sports with a common space, understanding cooperation as the use of different technical and tactical means to achieve a common goal, to score a goal.

The shoot on goal is defined as the most important action to successfully achieve this goal, and it is important to know the factors that affect the execution of this action in elite handball in order to focus on the technical learning process. Two of the most determining factors are speed and precision, both of which are influenced by the player's coordination, technique or anthropometry. They may be good predictors of future talent, although research examining these parameters at different ages is limited.

Some other variables to be analyzed for influencing the result of the handball shot are: distance; launch zone, type, angle or position; the result of the match, the cycle of steps. Technically this last variable seems to have a high influence, being characterized by a movement prior to launch limited by the regulations to a maximum of three steps. Therefore, the throwing cycle of three might seem to be the most appropriate due to the large number of preparatory movements required to coordinate the body segments and apply the most power at the end of the throwing chain. It is important to master the technical-tactical resources of handball to succeed in the competition, being able to have variability and adaptation in the number of steps taken prior to the throw. In addition, a correct analysis of the shots must include the decision making that at least offers the opposition of a goalkeeper. The existence of this opposition increases the importance of decision-making in actions, and speed and precision are also closely related to the type of existing opposition.

The main objective of this doctoral thesis was to analyze throwing in handball, investigating the influence of anthropometric factors in this gesture, the determining factors in it and the relevance of decision-making in its result.

To carry out the main objective, several studies were carried out that are reflected in 4 articles: i) Relationship between anthropometric parameters and throwing speed in amateur male handball players at different ages. (**Article 1**); ii) Determinant Factors for

Throwing in Competition in Male Elite Handball. (**Article 2**); iii) Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball (**Article 3**); iv) Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball (**Article 4**).

The main findings of this doctoral thesis are: i) BMI, arm span and height have been shown to be good predictors of ST in amateur handball players. However, it is necessary to carry out more studies in this area to achieve a greater consensus among researchers, especially to unify which would be the anthropometric variable that most influences ST in handball; ii) The relationships observed in the research suggest that the outcome of a throw depends on the distance and the type of throw. Distance is relevant to most parts of a throw. Therefore, the search for effective shooting actions motivates teams to adapt their training sessions to optimize the search for goal situations close to the handball goal; iii) The highest percentage of shots in handball are made with two steps prior to the shot, shots from beyond the 9-meter line are mostly made with two steps, shots between 6 and 9 meters are executed to a greater extent with a previous cycle of three steps and throws from the 6-meter line are mostly made with zero or one step. And with the ultimate natural kickstand; iv) Handball throwing performance, in terms of speed and accuracy, is impaired when players have less time to decide the location due to decision making. However, these deficiencies depend on the competitive level of the players, as professionals prove to be able to minimize them, compared to amateurs. In this regard, coaches and athletes should be aware of the need for specific throwing training that include decision-making tasks, emphasizing in progressively reduce the time given to choose, in order to develop players' ability to score in offensive play.

Keywords: sports performance; throwing speed; effectiveness; making decision.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El balonmano

El balonmano es un deporte olímpico de equipo con amplia repercusión en todo el mundo, si bien, Europa es la que aglutina el balonmano más competitivo y de mayor calidad (Román, 2015). Este deporte se integra dentro de los deportes de equipo de cooperación-oposición con espacio común, entendiendo la cooperación como la utilización de diferentes medios técnicos y tácticos para la consecución de un fin común, marcar un gol, y la oposición como el uso del equipo rival de los medios para oponerse a la consecución de ese objetivo (Mancha-Triguero, Baquero, Ibáñez, & Antúnez, 2022; Mendes, Greco, Ibáñez, & do Nascimento, 2021). Este deporte se caracteriza por acciones intermitentes de alta intensidad, la velocidad con la que se cambia de fase ataque-defensa durante el juego, una gran variedad de acciones técnicas ofensivas y defensivas, así como esquemas tácticos complejos (Ibragimov & Muxiddinovich, 2021). Se enfrentan dos equipos de siete contra siete (seis más el portero) en un espacio de 40 por 20 metros, con dos áreas de 6 metros de semicircunferencia alrededor de las porterías, que es un espacio prohibido para todos los jugadores/as excepto para el portero. Las porterías tienen un marco de 3 x 2 m y en categoría absoluta se juegan dos partes de 30 minutos, con 10 de descanso (RFEBM, 2016). El balonmano se considera un deporte moderno en crecimiento y en la actualidad los juegan más de 27 millones de personas en todo el mundo divididas en 209 federaciones nacionales (International Handball Federation, 2022).

1.2 El lanzamiento

El lanzamiento a portería en balonmano se define como la acción más importante para la consecución del éxito en balonmano (Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007), es decir, es necesario finalizar con la consecución de un gol para lograr una fase ofensiva exitosa (Bouagina et al., 2022; Debanne & Laffaye, 2011). Este gesto técnico-táctico llama especialmente la atención, debido a su influencia en el resultado final (W. R. Ferrari, Dos Santos, & Vaz, 2014), ya que la eficacia de los lanzamientos a portería marca la diferencia de goles entre equipos, teniendo como resultado equipos ganadores y perdedores al final de un partido de balonmano (W. Ferrari, Vaz, Sousa,

Couceiro, & Dias, 2018; Karastergios, Skandalis, Zapartidis, & Hatzimanouil, 2017; Marques, Saavedra, Abrantes, & Aidar, 2011).

A nivel técnico, el análisis biomecánico del lanzamiento en balonmano se define como lanzamiento clásico con mano alta. Este lanzamiento es utilizado de forma similar en otros deportes como el béisbol, el críquet, el waterpolo o el lanzamiento de jabalina. En todos estos deportes, los movimientos de los segmentos corporales del brazo siguen un patrón específico que consiste en lograr la máxima velocidad, con una progresión proximal- distal, de los segmentos del brazo de lanzamiento (Fradet et al., 2004).

1.3 Factores determinantes en el lanzamiento a portería

En el deporte existen múltiples factores influyentes en el rendimiento, una combinación de factores antropométricos, físicos y psicológicos determina el éxito deportivo y, por tanto, los logros de los deportistas (Abbott & Collins, 2004). Los factores de rendimiento determinantes del lanzamiento de balonmano en competición son muy importantes para centrar el proceso de enseñanza-aprendizaje técnico-táctico en la iniciación deportiva del balonmano. Abundantes estudios analizan las variables del lanzamiento como elementos discriminantes entre los equipos ganadores y perdedores (Debanne & Laffaye, 2011; Ettema, Gløsen, & Van Den Tillaar, 2008; W. R. Ferrari et al., 2014; W. Ferrari et al., 2018; Marques, Van Den Tillaar, Vescovi, & González-Badillo, 2007). Por tanto, debemos responder a las necesidades de entrenadores/as para saber cuáles son los factores de rendimiento del lanzamiento en el balonmano de élite, para trasladarlo en progresión, a todas las fases de la formación deportiva.

El análisis de los factores determinantes del lanzamiento en balonmano se centra en variables tales como: las características antropométricas del jugador, la distancia de lanzamiento, la zona de lanzamiento, el tipo de lanzamiento, el ángulo desde donde se ejecuta el lanzamiento con respecto a la portería, la oposición de defensores y/o portero y el resultado final o eficacia de las acciones de lanzamiento (Avila, 2003; R. Van den Tillaar, Zondag, & Cabri, 2013; Wagner, Buchecker, Von Duvillard, & Müller, 2010) o factores de vital importancia como la velocidad y la precisión (Almeida, Merlin, Pinto, Torres, & Cunha, 2019; García, Sabido, Barbado, & Moreno, 2013; Jimenez-Olmedo, Penichet-Tomas, Ortega Becerra, Pueo, & Espina-Agullo, 2019; Roland Van den Tillaar

& Ettema, 2003b; Wagner et al., 2014; Wagner, Pfusterschmied, von Duvillard, & Müller, 2011). Además, de las habilidades técnico-tácticas de engaño, sorpresa y una correcta toma de decisión que también son importantes para una participación exitosa en el balonmano de élite (Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005).

1.3.1 La velocidad y precisión

Numerosos estudios sobre el lanzamiento, reflejan la importancia de la velocidad y la precisión (Saavedra et al., 2019; Vila, Zapardiel, & Ferragut, 2020), siendo dos de los factores más determinantes para que un lanzamiento acabe en gol (García et al., 2013; Jimenez-Olmedo et al., 2019; Roland Van den Tillaar & Ettema, 2003b; Wagner, Finkenzeller, Würth, & Von Duvillard, 2014; Wagner et al., 2011).

Tradicionalmente, se ha estimado que la velocidad de lanzamiento depende de diferentes factores, como la técnica, la coordinación temporal de los diferentes segmentos del cuerpo y la potencia de los grupos musculares de la parte superior e inferior del cuerpo (Rivilla-García, Martínez, Grande, & Sampedro-Molinuevo, 2011). Siendo importante para el resultado final de la acción ya que, cuanto más veloz se lance el balón hacia la portería, menos tiempo tendrán las defensas y la portería para evitar el gol (Manchado, Tortosa, Vila, Ferragut, & Platen, 2013) Además, la relevancia de la velocidad de lanzamiento, esta influenciada altamente por factores como la distancia desde la que se efectúa el lanzamiento a la portería (Gorostiaga et al., 2005; Granados & Izquierdo, 2008; Marques et al., 2007; D. Skoufas et al., 2008).

En este sentido, la desaceleración de la pelota, especialmente cuando se lanza más allá de la línea de 9 m, se considera un elemento clave (Gorostiaga et al., 2005; Marques et al., 2007). Además según algunos autores las mayores velocidades de lanzamiento se encuentran en el lanzamiento en apoyo con carrera previa, seguido del lanzamiento de pie en estático y por último el lanzamiento en salto (Skejø, Møller, Bencke, & Sørensen, 2019), debido a una mejor aceleración de la pelvis y el tronco sobre la pierna apoyada en el suelo (Wagner et al., 2011).

La precisión también es un factor influyente en el resultado, siendo las esquinas inferiores de la portería las zonas más efectivas ya que esta localización permite una

mayor velocidad y precisión de la pelota (mayor aceleración del brazo y control de la pelota) y una mayor tasa de éxito (Wagner et al., 2014)

Del mismo modo, existen discrepancias en cuanto a si el aumento de la velocidad puede afectar la precisión. Mientras que varios estudios muestran que el aumento de la velocidad perjudica la precisión (Raeder, Fernandez-Fernandez, & Ferrauti, 2015; Wagner et al., 2014), otros autores indican que en jugadores/as de alto nivel esta relación inversa no se da, o si se da afecta de forma no significativa, (García et al., 2013; Párraga, Sánchez, & Oña, 2001; Roland Van den Tillaar & Ettema, 2003a, 2003b), con jugadores experimentados que son capaces de lanzar con mucha precisión a una velocidad relativamente alta del balón (Gutierrez Davila, Garcia, Montilla, & Ruiz, 2006)

1.3.2 Características antropométrías del jugador/a

Las características antropométricas de los jugadores/as de balonmano están consideradas, en todas las categorías, como factores de rendimiento para una participación exitosa en el balonmano (Lidor, Falk, Arnon, & Cohen, 2005; Mohamed et al., 2009; D. K. Skoufas, 2003). Variables como el peso, la altura, el índice de masa corporal, la envergadura, el diámetro de la mano, la longitud de los dedos, han sido estudiadas por varios autores (Debanne & Laffaye, 2011; Hammami et al., 2017; Ingebrigtsen, Jeffreys, & Rodahl, 2013; Karaba Jakovljevic et al., 2016; Marques et al., 2007; Ramos-Bermúdez, Gamboa-Ramírez, Pérez-Pérez, & Flórez-Castaño, 2022; Saavedra et al., 2018; Visnapuu & Jürimäe, 2009). Cabe destacar, la importancia de la estatura para lanzar o bloquear, una masa corporal relativa alta para acciones uno contra uno (Saavedra et al., 2018) o una buena envergadura de brazos para facilitar la ocupación de espacios en acciones defensivas y ofensivas (Camacho-Cardenosa et al., 2018).

Siendo algunas de estas características un factor discriminante en los resultados y clasificación final en equipos de élite (Lijewski, Burdukiewicz, Stachoń, & Pietraszewska, 2021; Noutsos, Rousanoglou, Meletakos, Bayios, & Boudolos, 2018). Igualmente, estas características antropométricas tienen relación con la velocidad de lanzamiento (Debanne & Laffaye, 2011; Hermassi, Laudner, & Schwesig, 2019; Raeder et al., 2015; Saavedra et al., 2019; Schwesig et al., 2017; Wagner et al., 2014) y se consideran las variables más adecuadas para la detección de talentos (Karaba Jakovljevic

et al., 2016). Algunos autores encontraron correlaciones significativas entre la velocidad de lanzamiento y variables morfológicas, como talla, masa, envergadura, tamaño de la mano (Roland Van den Tillaar & Ettema, 2004; Wagner et al., 2010).

Por otro lado, el tamaño de la mano y la longitud de los dedos son las variables que más influyen, a nivel antropométrico en los lanzamientos (Jimenez-Olmedo et al., 2019; D. K. Skoufas, 2003; Vila & Ferragut, 2019). La longitud de los dedos de la mano de lanzamiento permite un mejor dominio del balón (Fernández, Suárez, & Rodríguez-Guisado, 2004) y parece ser el mejor indicador de la precisión por su correlación positiva con la fuerza máxima de agarre (Visnapuu & Jürimäe, 2009). Igualmente, la extensión de la mano se usa comúnmente como referencia en la identificación de talentos en jugadores/as jóvenes de balonmano (Matthys et al., 2011).

Aunque existen estudios que analizan la evolución de la morfología corporal a lo largo de la edad en jugadores/as de balonmano, la investigación que examina la influencia de esas características de manera longitudinal en la velocidad de lanzamiento a diferentes edades es limitada (Roland Van den Tillaar & Ettema, 2004). Siendo este enfoque morfológico uno de los factores importantes en la detección de talentos en los deportes (Lijewski et al., 2021).

1.3.3 La distancia de lanzamiento

El resultado de los partidos de balonmano tiene una correlación importante con la eficacia del lanzamiento, pero esta está predeterminada por multitud de factores propios del juego y la interacción dinámica de los sistemas de ataque-defensa. Investigaciones recientes muestran que uno de esos factores es una menor distancia de lanzamiento, ya que predetermina la efectividad (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, & Cuadrado-Reyes, 2012; Avila, 2003; Roland Van den Tillaar & Ettema, 2003b).

Según la literatura científica, se diferencian 4 tipos de zonas de lanzamiento. El área de la portería donde se realiza, denominado lanzamiento desde 6 metros. La zona entre 6-9 metros es entre el área de 6 metros y la línea de puntos de la pista que delimita el área de 9 metros. Lanzamientos de más de 9 metros, son los que se realizan desde más atrás de esta línea de puntos. Además del lanzamiento desde 7 metros, fruto de una sanción

(penalti) (Ávila, 2003; Blanco García, 2012; Ruiz Sánchez, Gómez López, & Herrera Cuadrado, 2017).

Abundantes trabajos han analizado la eficacia desde la línea de 7m (Andersen, Fimland, Cumming, Vraalsen, & Saeterbakken, 2018; García et al., 2013; Saavedra et al., 2019). Otros autores han estudiado los lanzamiento desde 9m (Fieseler et al., 2017; Hermassi, Ghaith, Schwesig, Shephard, & Souhail Chelly, 2019), donde cobra vital importancia la velocidad de lanzamiento. Siendo los jugadores de primera línea los que utilizan zonas de lanzamiento más lejanas, mientras que los de la segunda realizan los lanzamientos desde zonas más próximas a portería (Pueo, Tortosa-Martínez, Chirosa-Rios, & Manchado, 2022).

1.3.4 El tipo de armado

Aunque se entiende que existe un gesto técnico estándar de armado de brazo, donde la eficiencia biomecánica del lanzamiento es mayor, la búsqueda de recursos para superar a los rivales o engañar al portero hacen que existan recursos que modifican esta técnica para conseguir el gol (López García, Gutiérrez-Dávila, & Montilla, 2006). La bibliografía clasifica este gesto técnico del lanzamiento en balonmano bajo tres tipos de armado diferentes: armado estándar con el brazo armado 90 grados, entendida como la técnica básica, armado de cadera con un ángulo de 180 grados y armado en rectificado sacando el brazo desde el lado contrario (Blanco García, 2012).

1.3.5 El ciclo de pasos

El lanzamiento también se encuentra condicionado por otro factor previo de gran relevancia y muy característico del balonmano como es el ciclo de pasos. En este sentido, los lanzamientos específicos del balonmano, a diferencia de los de otras disciplinas como el béisbol o el cricket, se caracterizan por un movimiento previo limitado por el reglamento, a un máximo de tres pasos, que según numerosos estudios son los lanzamientos más habituales en las competiciones de balonmano (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Hermassi, Chelly, Bragazzi, Shephard, & Schwesig, 2019; Rousanoglou, Noutsos, Bayios, & Boudolos, 2015; Spieszny & Zubik, 2018). Para algunos autores, el

lanzamiento con ciclo de tres pasos parece ser el más apropiado debido al alto número de movimientos preparatorios necesarios para coordinar los segmentos del cuerpo, que permiten aplicar la mayor potencia en el lanzamiento (Hermassi, Chelly, Bragazzi, Shephard, & Schwesig, 2019; Spieszny & Zubik, 2018).

Además, algunos estudios han demostrado mejores resultados para el ciclo de tres pasos y una buena confiabilidad en el tiempo (Baštiurea, Stan, Rizescu, Mihăilă, & Andronic, 2014; Rios et al., 2021). Sin embargo, en el balonmano internacional moderno, la movilidad de los jugadores de defensa aumenta continuamente, lo que conduce a sistemas defensivos más abiertos, que sitúan a los jugadores/as atacantes más lejos del área de portería, que en las defensas más tradicionales (Akl, Hassan, Hassan, & Bishop, 2019; Belcic, Rodić, Dukarić, Rupčić, & Knjaz, 2021; Burger, Foretić, Spasić, Rogulj, & Papić, 2021). En consecuencia, no dan demasiado tiempo al lanzador/a para preparar el movimiento (Burger et al., 2021; Daza, Andrés, & Tarragó, 2017; Foretic, Rogulj, & Papić, 2013). Por ello, algunos autores destacan la importancia de dominar los recursos técnico-tácticos del balonmano para triunfar en la competición (Ávila, Chiroso, Ureña, Lozano, & Ulloa, 2018; Carbonell, Fontaina, & Ramírez, 2018; Lozano, Camerino, & Hilenó, 2016; Zapardiel, Vila Suárez, Manchado, Rivilla García, & Van den Tillaar, 2019).

1.3.6 El pie de apoyo

Para Wagner et al. (2011), la velocidad de la pelota en el lanzamiento en salto es diferente cuando se lanza con salto y el último apoyo con un pie, opuesto al brazo de lanzamiento, o con dos pies, siendo el lanzamiento a una pierna el que permite mayor velocidad de lanzamiento. Por el contrario, no se encontraron estudios donde se relacionen otros gestos técnicos como el lanzamiento a pie cambiado.

1.3.7 El salto

La potencia explosiva, a menudo evaluada utilizando el salto vertical, es un componente fundamental de los movimientos de muchos deportes colectivos, como el balonmano (Aksović et al., 2022; Ozmen, Aydogmus, Yana, & Simsek, 2020; Vila et al.,

2012). Siendo además el lanzamiento en salto el gesto más utilizado para tratar de conseguir el gol (Canli & Kurt, 2022; Wagner & Müller, 2008), ya que permite una mejor posición de lanzamiento (Wagner et al., 2014).

Por ello, numerosos estudios destacan la capacidad de salto como uno de los factores del rendimiento del lanzamiento (Iacono, Ardigò, Meckel, & Padulo, 2016; Massaça, Fragoso, & Teles, 2014; McGhie, Østerås, Ettema, Paulsen, & Sandbakk, 2020), debido al mayor tiempo de vuelo que permite tener más tiempo para la toma de decisión y una mayor capacidad de reacción ante el portero (Wagner et al., 2014) obteniendo una clara ventaja en la acción de lanzamiento (Aksović et al., 2022). Algunos factores como la trayectoria del balón, el nivel de habilidad de los jugadores/as, el contacto corporal con los defensas o el tipo de acción realizada, afectan directamente al salto en los deportes colectivos, haciendo que cada repetición de esta acción sea diferente (Rodríguez-Rosell, Mora-Custodio, Franco-Márquez, Yáñez-García, & González-Badillo, 2017).

Igualmente, diferentes autores afirman que la fuerza de las extremidades inferiores está directamente relacionada con la velocidad de lanzamiento (Ortega-Becerra, Pareja-Blanco, Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel, & González-Badillo, 2018).

Aunque en algunos deportes, como el baloncesto, el salto es uno de los factores más importantes para lograr los mejores resultados deportivos (Cortis et al., 2011; Domínguez-Díez et al., 2021) parece haber discrepancias sobre si la altura del salto es un factor discriminante para el juego de balonmano. Algunos autores encuentran diferencias entre el salto según el nivel de competición siendo un factor relevante en los jugadores de élite (Carvalho, Mourão, & Abade, 2014; Cherif et al., 2012; Font et al., 2021; Hermassi, Laudner, et al., 2019; Iacono et al., 2016; Juárez et al., 2014; Pavlović et al., 2018), pero otros, no encuentran diferencias significativas en la altura de salto entre jugadores de élite y aficionados (Wagner et al., 2014).

1.3.8 La toma de decisión

Una de las características del balonmano es la acción continua de oposición que se realiza durante la competición, que tiene como objetivo evitar que el oponente marque gol (Mancha-Triguero et al., 2022; Mendes et al., 2021). Desde un punto de vista

ecológico del análisis de la competición (Anguera & Hernández-Mendo, 2014; Vilar, Araujo, Davids, & Button, 2012), diferentes autores afirman que es necesario comprender el comportamiento de los enfrentamientos entre dos equipos como la interacción de sistemas dinámicos y complejos, que requieren el análisis de la toma de decisiones tanto individuales como colectivas, considerando el contexto de juego (Araújo & Davids, 2016; Ortín & Olmedilla, 2003; Travassos, Gonçalves, Marcelino, Monteiro, & Sampaio, 2014). Por esta razón, muchos artículos se centran en el análisis de partidos de balonmano en competición (Almeida et al., 2019; Ávila et al., 2018; Marques et al., 2007; Saavedra et al., 2019). En balonmano como en la mayoría de los deportes colectivos, los deportistas perciben continuamente información de las acciones propias, del entorno externo (compañeros y rivales) y del balón, siendo toda esta información requerida para una correcta toma de decisión (Balagué, Hristovski, & Vazquez, 2008; Passos, Araújo, Davids, & Shuttleworth, 2008), debiendo considerarse como un determinante psicológico importante en el rendimiento del balonmano (Wagner et al., 2014).

Debemos tener en cuenta que la mayor parte de la información, entre el 60 y el 80% es recibida a partir del sistema visual (Antúnez Medina, García Parra, Argudo Iturriaga, Ruiz Lara, & Arias Estero, 2010; Plou Campo, 2007). La toma de decisiones depende a su vez de tres factores: las características individuales de los deportistas, las condiciones de la tarea a resolver y las características del entorno de actuación (Davids, Button, & Bennett, 2008).

Por todo ello, consideramos que un estudio completo del lanzamiento en balonmano debe incluir la toma de decisiones influenciada por la oposición del portero (Rivilla-García, Grande, Sampedro, & Van Den Tillaar, 2011; Vila et al., 2012) y de cualquier otro defensor (Zapardiel Cortés, Ferragut Fiol, Manchado, Abraldes Valeiras, & Vila Suárez, 2017; Zapardiel et al., 2019). La aparición de la oposición es un elemento que incluye directamente en el lanzamiento, reduciendo la velocidad del mismo (Gutierrez Davila et al., 2006; Rivilla-García et al., 2011).

Referencias

- Abbott, A., & Collins, D. (2004). Eliminating the dichotomy between theory and practice in talent identification and development: considering the role of psychology. *Journal of Sports Sciences*, 22(5), 395–408.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L., Martín, I., & Cuadrado-Reyes, J. (2012). Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista de Ciencias Del Deporte*, 12(48), 729–744.
- Akl, A.-R., Hassan, I., Hassan, A., & Bishop, P. (2019). Relationship between kinematic variables of jump throwing and ball velocity in elite handball players. *Applied Sciences*, 9(16), 3423.
- Aksović, N., Bjelica, B., Milanović, F., Cicović, B., Bubanj, S., Nikolić, D., ... Zelenović, M. (2022). Evaluation and comparative analysis of the results of a vertical jump between young basketball and handball players. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 26(2), 126–133.
- Almeida, A. G., Merlin, M., Pinto, A., Torres, R. D. S., & Cunha, S. A. (2019). Performance-level indicators of male elite handball teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1694305>
- Andersen, V., Fimland, M. S., Cumming, K. T., Vraalsen, Ø., & Saeterbakken, A. H. (2018). Explosive resistance training using elastic bands in young female team handball players. *Sports Medicine International Open*, 2(06), E171–E178.
- Anguera, M. T., & Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología Del Deporte*, 23(1), 103–109.
- Antúnez Medina, A., García Parra, M. del M., Argudo Iturriaga, F. M., Ruiz Lara, E., & Arias Estero, J. L. (2010). Repercusión de un programa de entrenamiento perceptivo-motor sobre la eficacia en competición de la portera de balonmano según el tipo de lanzamiento. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 6(3), 123-140.

- Araújo, D., & Davids, K. (2016). Team synergies in sport: Theory and measures. *Frontiers in Psychology, 7*, 1449. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01449>
- Ávila, F. M. (2003). Aplicación de un sistema observacional para el análisis del lanzamiento en balonmano en el Mundial de Francia 2001. *Apunts: Educación física y deportes, 71*, 100–109.
- Ávila, F. M., Chiroso, L. J., Ureña, A., Lozano, D., & Ulloa, D. (2018). Evaluation of tactical performance in invasion team sports: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 8668(2)*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460054>
- Balagué, N., Hristovski, R., & Vazquez, P. (2008). Ecological dynamics approach to decision making in sport. Training issues. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences, 4(71)*.
- Baştüre, E., Stan, Z., Rizescu, C., Mihăilă, I., & Andronic, F. (2014). The effect of muscle strength on the capacity of coordination in handball. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 137*, 3–10.
- Belcic, I., Rodić, S., Dukarić, V., Rupčić, T., & Knjaz, D. (2021). Do Blood Lactate Levels Affect the Kinematic Patterns of Jump Shots in Handball? *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(20)*, 10809.
- Blanco García, P. (2012). The observational analysis of performance in the handball throwing of the Spanish promises selection. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte, 8(2)*, 83–92.
- Bouagina, R., Padulo, J., Fray, A., Larion, A., Abidi, H., Chtara, M., ... Khalifa, R. (2022). Short-term in-season ballistic training improves power, muscle volume and throwing velocity in junior handball players. A randomized control trial. *Biology of Sport, 39(2)*.
- Burger, A., Foretić, N., Spasić, M., Rogulj, N., & Papić, V. (2021). Handball jump shoot kinematics-differences between croatian elite and professional players. *9TH Internacional Scientific Conferende of Kinesiology, 102*.

- Camacho-Cardenosa, A., Camacho-Cardenosa, M., González-Custodio, A., Martínez-Guardado, I., Timón, R., Olcina, G., & Brazo-Sayavera, J. (2018). Anthropometric and physical performance of youth handball players: The role of the relative age. *Sports, 6*(2), 47.
- Canli, U., & Kurt, C. (2022). Factors affecting ball velocity in well-trained female handball players. *European Journal of Physical Education and Sport Science, 8*(2) 91-104.
- Carvalho, A., Mourão, P., & Abade, E. (2014). Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study. *Journal of Human Kinetics, 41*, 125.
- 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., Said, M., Chaatani, S., Nejlaoui, O., Gomri, D., & Abdallah, A. (2012). The effect of a combined high-intensity plyometric and speed training program on the running and jumping ability of male handball players. *Asian Journal of Sports Medicine, 3*(1), 21.
- Cortis, C., Tessitore, A., Lupo, C., Pesce, C., Fossile, E., Figura, F., & Capranica, L. (2011). Inter-limb coordination, strength, jump, and sprint performances following a youth men's basketball game. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25*(1), 135–142.
- Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Daza, G., Andrés, A., & Tarragó, R. (2017). Match Statistics as Predictors of Team's Performance in Elite competitive Handball. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte, 13*(48), 149–161.

- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, 29(7), 705–713.
- Domínguez-Díez, M., Castillo, D., Raya-González, J., Sánchez-Díaz, S., Soto-Célix, M., Rendo-Urteaga, T., & Lago-Rodríguez, Á. (2021). Comparison of multidirectional jump performance and lower limb passive range of motion profile between soccer and basketball young players. *Plos One*, 16(1), e0245277.
- Ettema, G., Gløsen, T., & Van Den Tillaar, R. (2008). Effect of Specific Resistance Training on Overarm Throwing Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 3(2), 164-175.
- Fernández, J. J., Suárez, H. V., & Rodríguez-Guisado, F. (2004). Modelo de estudio de la estructura condicional a través de un análisis multivariante enfocado a la detección de talentos en jugadores de balonmano. *European Journal of Human Movement*, 12, 169–185.
- Ferrari, W. R., Dos Santos, J. V., & Vaz, V. P. S. (2014). Offensive process analysis in handball: Identification of game actions that differentiate winning from losing teams. *American Journal of Sports Science*, 2(4), 92–96.
- Ferrari, W., Vaz, V., Sousa, T., Couceiro, M., & Dias, G. (2018). Comparative analysis of the performance of the winning teams of the handball world championship: senior and junior levels. *International Journal of Sports Science*, 8(2), 43–49.
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., ... Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Font, R., Iruetia, A., Gutierrez, J., Salas, S., Vila, E., & Carmona, G. (2021). The effects of COVID-19 lockdown on jumping performance and aerobic capacity in elite handball players. *Biology of Sport*, 38(4), 753–759.

- Foretic, N., Rogulj, N., & Papic, V. (2013). Empirical model for evaluating situational efficiency in top level handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *13*(2), 275–293.
- Fradet, L., Botcazou, M., Durocher, C., Cretual, A., Multon, F., Prioux, J., & Delamarche, P. (2004). Do handball throws always exhibit a proximal-to-distal segmental sequence? *Journal of Sports Sciences*, *22*(5), 439–447. <https://doi.org/10.1080/02640410310001641647>
- García, J. A., Sabido, R., Barbado, D., & Moreno, F. J. (2013). Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to instruction. *European Journal of Sport Science*, *13*(2), 149–154.
- 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>
- Granados, C., & Izquierdo, M. (2008). Effects of an Entire Season on Physical Fitness in Elite Female Handball Players. *Med. Sci. Sports Exerc* *40*(2), 351-361.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Gutierrez Davila, M., Garcia, P. L., Montilla, J. P., & Ruiz, F. J. R. (2006). Effect of opposition on the handball jump shot. *Human Movement Studies*, *51*, 257–275.
- Hammami, R., Sekulic, D., Selmi, M. A., Fadhoun, M., Spasic, M., Uljevic, O., & Chaouachi, A. (2017). Analysis of maturity status as a determinant of the relationships between conditioning capacities and pre-planned agility in young handball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002390>
- 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. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4520. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224520>
- Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Souhail Chelly, M. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *Plos One*, 14(7), e0214827.
- Hermassi, S., Laudner, K., & Schwesig, R. (2019). Playing level and position differences in body characteristics and physical fitness performance among male team handball players. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 149.
- Iacono, A. Dello, 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 830–840.
- Ibragimov, A. K., & Muxiddinovich, L. A. (2021). Individualization of psychological training of qualified handball players. *International Scientific Research Journal*, 2(04), 234–241.
- Ingebrigtsen, J., Jeffreys, I., & Rodahl, S. (2013). Physical Characteristics and Abilities of Junior Elite Male and Female Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 302–309. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318254899f>
- International Handball Federation. (2022). *IHF Marketing*. Retrieved from <https://www.ihf.info>
- Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Ortega Becerra, M., Pueo, B., & Espina-Agullo, J. J. (2019). Relationships between anthropometric parameters and overarm throw in elite beach handball. *Human Movement*, 20(2), 16–24. <https://doi.org/10.5114/hm.2019.79394>
- Juárez, D., González Ravé, J. M., Rubio Arias, J. Á., Clemente Suárez, V. J., Valencia, M., & Abian Vicente, J. (2014). Isokinetic leg strength and power in elite handball players. *Journal of Human Kinetics*, 41, 227.

- Karaba Jakovljevic, D., Jovanovic, G., Eric, M., Klasnja, A., Slavic, D., & Lukac, D. (2016). Anthropometric characteristics and functional capacity of elites rowers and handball players. *Medicinski Pregled*, 69(9–10), 267–273. <https://doi.org/10.2298/mpns1610267k>
- Karastergios, A., Skandalis, V., Zapartidis, I., & Hatzimanouil, D. (2017). Determination of technical actions that differentiate winning from losing teams in woman's handball. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(3), 1966–1969.
- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., & Cohen, Y. (2005). Measurement of talent in team handball: the questionable use of motor and physical tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 318.
- Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Stachoń, A., & Pietraszewska, J. (2021). Differences in anthropometric variables and muscle strength in relation to competitive level in male handball players. *Plos One*, 16(12), e0261141.
- López García, P., Gutiérrez-Dávila, M., & Montilla, J. A. P. (2006). Factores de variabilidad del lanzamiento en salto en balonmano por efecto de la oposición. *Biomecánica*, 14(2), 28–33.
- Lozano, D., Camerino, O., & Hileno, R. (2016). Interacción dinámica ofensiva en balonmano de alto rendimiento. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 125, 90–110. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/3\).125.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/3).125.08)
- Mancha-Triguero, D., Baquero, B., Ibáñez, S. J., & Antúnez, A. (2022). Incidencia de la agrupación de los jugadores en el diseño de las tareas de entrenamiento en balonmano. *Retos*, 43, 62–73.
- Manchado, C., Tortosa, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance factors in women's team handball. *Journal Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708-1719.
- 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*, 1, 53–57.

- Marques, M. C., Van Den Tillaar, 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, 414–422.
- Massuça, L. M., Fragoso, I., & Teles, J. (2014). Attributes of top elite team-handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 178–186.
- Matthys, S. P. J., Vaeyens, R., Vandendriessche, J., Vandorpe, B., Pion, J., Coutts, A. J., ... Philippaerts, R. M. (2011). A multidisciplinary identification model for youth handball. *European Journal of Sport Science*, 11(5), 355–363.
- McGhie, D., Østerås, S., Ettema, G., Paulsen, G., & Sandbakk, Ø. (2020). Strength determinants of jump height in the jump throw movement in women handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(10), 2937–2946.
- Mendes, J. C., Greco, P. J., Ibáñez, S. J., & do Nascimento, J. V. (2021). Construcción del modelo de juego en balonmano. *Revista de Ciencias Del Ejercicio y La Salud*, 19(1), 1.
- Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multael, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2009). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *Journal of Sports Sciences*, 27(3), 257–266.
- Noutsos, K., Rousanoglou, E., Meletakos, P., Bayios, I., & Boudolos, K. (2018). Performance indicators and competition ranking in women's and men's World Handball Championship 2017. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(3), 1761–1766.
- 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>

- Ortín, F. J., & Olmedilla, A. (2003). La utilización de registros para la mejora del comportamiento táctico en deportistas de equipo. *Revista de Psicología Del Deporte, 12*(1), 95–105.
- Ozmen, T., Aydogmus, M., Yana, M., & Simsek, A. (2020). Effect of core strength training on balance, vertical jump height and throwing velocity in adolescent male handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 60*(5), 693–699.
- Párraga, J., Sánchez, A., & Oña, A. (2001). Ball speed and accuracy of the handball jump throw as parameters of performance. *Apunts: Educación Física y Deportes, 66*, 44–51.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., & Shuttleworth, R. (2008). Manipulating constraints to train decision making in rugby union. *International Journal of Sports Science & Coaching, 3*(1), 125–140.
- Pavlović, L., Stojiljković, N., Aksović, N., Stojanović, E., Valdevit, Z., Scanlan, A. T., & Milanović, Z. (2018). Diurnal variations in physical performance: Are there morning-to-evening differences in elite male handball players? *Journal of Human Kinetics, 63*(1), 117–126.
- Plou Campo, Pi. (2007). Bases fisiológicas del entrenamiento visual. *Apunts Educación Física y Deportes, 88*, 62–74.
- Pueo, B., Tortosa-Martínez, J., Chiroso-Rios, L., & Manchado, C. (2022). On-court throwing activity of male handball players during the European Championship 2020. *Biology of Sport, 40*(2), 531–541.
- Raeder, C., Fernandez-Fernandez, J., & Ferrauti, A. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision, and Isokinetic Strength of Shoulder Rotators in Female Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(7), 1904–1914. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000847>
- Ramos-Bermúdez, S., Gamboa-Ramírez, C. M., Pérez-Pérez, J. A., & Flórez-Castaño, C. A. (2022). Velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano de diferentes

- categorías, en relación con variables morfológicas. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 8(1).
- RFEBM. (2016). *Reglas de juego de la Real Federacion Española de Balonmano*. Retrieved from https://www.rfebm.com/sites/default/files/documentos/reglas_pista_web_marcagua_1.pdf
- Rios, L. J. C., Cuevas-Aburto, J., Martínez-García, D., Ulloa-Díaz, D., Ramírez, O. A. A., Martín, I. M., & Ramos, A. G. (2021). Reliability of throwing velocity during non-specific and specific handball throwing tests. *International Journal of Sports Medicine*, 42(09), 825–832.
- Rivilla-García, J., Grande, I., Sampedro, J., & Van Den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(3), 534.
- Rivilla-García, J., Martínez, I., Grande, I., & Sampedro-Molinuevo, J. (2011). Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 414–426. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.22>
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(1), 196–206.
- Román, J. de D. (2015). Actualización histórica de la evolución del juego en balonmano en el siglo XX. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 11(1), 3–38.
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2015). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team-handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine* 14(1), 41.

- Ruiz Sánchez, V., Gómez López, M., & Herrera Cuadrado, J. L. (2017). Análisis observacional del lanzamiento de balonmano en la fase de contraataque de las selecciones finalistas del mundial de Qatar 2015. *Espiral. Cuadernos Del Profesorado*, 10(20), 73-79.
- Saavedra, J. M., Halldórsson, K., Kristjánisdóttir, H., Þorgeirsson, S., & Sveinsson, G. (2019). Anthropometric characteristics, physical fitness and the prediction of throwing velocity in handball men young players. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, 51(2), 253–260.
- Saavedra, J. M., Kristjánisdóttir, H., Einarsson, I. Þ., Guðmundsdóttir, M. L., Þorgeirsson, S., & Stefansson, A. (2018). Anthropometric characteristics, physical fitness, and throwing velocity in elite women's handball teams. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2294–2301.
- Schwesig, R., Hermassi, S., Fieseler, G., Irlenbusch, L., Noack, F., Delank, K., ... Chelly, M. S. (2017). Anthropometric and physical performance characteristics of professional handball players: influence of playing position and competitive level. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57, 1471–1478. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06413-6>
- Skejø, S. D., Møller, M., Bencke, J., & Sørensen, H. (2019). Shoulder kinematics and kinetics of team handball throwing: A scoping review. *Human Movement Science*, 64, 203–212.
- Skoufas, D. K. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing handball performance Spinal excitability during postural sway in elderly and young adults View project Beach handball event management View project. *Journal of Human Movement Studies*, 45(5), 469–484.
- Skoufas, D., Skoufa, E., Christodoulidis, T., Papadopoulou, S., Patikas, D., & Zaggelidis, G. (2008). The effect of arm and forearm loading on the throwing velocity of novice handball players: Influences during training and detraining. *Physical Training*, 11(2).

- Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of strength training programs in handball players and its influence on power during the competitive period. *Journal of Human Kinetics*, *63*, 149.
- Travassos, B., Gonçalves, B., Marcelino, R., Monteiro, R., & Sampaio, J. (2014). How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Human Movement Science*, *38*.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.005>
- Tuquet, J., Zapardiel, J. C., Saavedra, J. M., Jaén-Carrillo, D., & Lozano, D. (2020). Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19), 7022.
- Van den Tillaar, R., Zondag, A., & Cabri, J. (2013). Comparing performance and kinematics of throwing with a circular and whip-like wind up by experienced handball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *23*(6), 373–380. <https://doi.org/10.1111/sms.12091>
- Van den Tillaar, Roland, & Ettema, G. (2003a). Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *96*(2), 423–434.
- Van den Tillaar, Roland, & Ettema, G. (2003b). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *97*(3), 731–742.
- Van den Tillaar, Roland, & Ettema, G. (2004). Effect of body size and gender in overarm throwing performance. *European Journal of Applied Physiology*, *91*(4), 413–418.
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *19*(5), 724–736.
- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abalde, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(8), 2146–2155.

- Vila, H., Zapardiel, J. C., & Ferragut, C. (2020). The relationship between effectiveness and throwing velocity in a handball match. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(2), 180–188.
- Vilar, L. L., Araujo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports medicine*, 42(1), 1-10. <https://doi.org/10.2165/11596520-000000000-00000>
- Visnapuu, M., & Jürimäe, T. (2009). Relations of anthropometric parameters with scores on basic and specific motor tasks in young handball players. *Perceptual and Motor Skills*, 108(3), 670–676.
- Wagner, Buchecker, M., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2010). Kinematic comparison of team handball throwing with two different arm positions. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 5(4),469-483.
- Wagner, Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. P. (2014). Individual and Team Performance in Team-Handball: A Review. *Journal of Sports Science and Medicine* 13(4), 808.
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Tilp, M., Landlinger, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2014). Upper-body kinematics in team-handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(2), 345–354. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01503.x>
- Wagner, & Müller, E. (2008). The effects of differential and variable training on the quality parameters of a handball throw. *Sports Biomechanics*, 7(1), 54–71.
- Wagner, Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 73–80.
- Zapardiel Cortés, J. C., Ferragut Fiol, C., Manchado, C., Abraldes Valeiras, J. A., & Vila Suárez, H. (2017). Difference of the speed of handball throwing during the competition in relation to efficiency: Analysis between the first and the second half. *Journal of Human Sport & Exercise* 12(3), 872-881.

Zapardiel, J. C., Vila Suárez, H., Manchado, C., Rivilla García, J., & Van den Tillaar, R. (2019). Effect of opposition and effectiveness of throwing from first and second line in male elite handball during competition. *Kinesiology Slovenica*, 25(1), 35–44.

2 JUSTIFICACIÓN

Tras realizar el análisis previo se observa que, aunque en la bibliografía existen estudios que analizan la evolución de la morfología corporal a lo largo del desarrollo madurativo en jugadores/as de balonmano, la investigación que examina la influencia de esas características en la velocidad de lanzamiento a diferentes edades es limitada.

Además, dada la importancia del lanzamiento en el resultado final del partido, se considera muy importante centrarse en los factores determinantes que inciden en los lanzamientos de competición para optimizar el proceso de aprendizaje técnico-táctico de este gesto en el balonmano. Por tanto, debemos responder a las necesidades de los entrenadores/as, que necesitan saber qué factores afectan a la ejecución de los lanzamientos en el balonmano de élite, para poder desarrollar sus entrenamientos en cualquier categoría.

Respecto al ciclo de pasos, la evolución del estilo de juego con un ritmo más alto y mayor número de posesiones (Karcher & Buchheit, 2014; Meletakos & Bayios, 2010), así como el desarrollo físico de los jugadores/as con defensores más rápidos y de mayor tamaño, aumentan la necesidad de dominar los recursos técnico-tácticos y reducir el tiempo de ejecución de las acciones (Ávila et al., 2018; Carbonell et al., 2018; Zapardiel et al., 2019). Además, los recientes cambios de las reglas de juego que permiten jugar con un jugador extra y la portería vacía, han hecho variar los sistemas tácticos en los últimos años, y las acciones ofensivas han tenido que adaptarse rápidamente para mantener sus niveles de efectividad en el juego (Ávila, Chiroso, Ureña, Lozano, & Ulloa, 2018).

Teniendo en cuenta la relevancia de una correcta toma de decisión para el buen resultado de las acciones técnico-tácticas en deportes colectivos, se propone como novedad, analizar la importancia de la toma de decisiones en los lanzamientos en salto de balonmano y observar cómo está influenciada por la velocidad y la precisión del lanzamiento.

Referencias

- Ávila, F. M., Chiroso, L. J., Ureña, A., Lozano, D., & Ulloa, D. (2018). Evaluation of tactical performance in invasion team sports: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 8668(2), 1–22. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460054>
- Carbonell, V., Fontaina, S., & Ramírez, A. G. (2018). Estudio de las acciones técnico-tácticas realizadas por los porteros de balonmano ante los lanzamientos de pivote. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 14(1), 1–8.
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814.
- Meletakos, P., & Bayios, I. (2010). General trends in European men's handball: a longitudinal study. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(3), 221–228.
- Zapardiel, J. C., Vila Suárez, H., Manchado, C., Rivilla García, J., & Van den Tillaar, R. (2019). Effect of opposition and effectiveness of throwing from first and second line in male elite handball during competition. *Kinesiology Slovenica*, 25(1), 35–44.

3 HIPÓTESIS

Tras el análisis de la bibliografía científica, las hipótesis sobre los estudios planteados fueron las siguientes:

- Algunos factores antropométricos condicionan la velocidad del lanzamiento, pudiendo servirnos de predictores en el rendimiento de los jugadores. El tamaño de las manos o la largura de los brazos pueden ser factores discriminantes en la velocidad máxima alcanzada en el lanzamiento en balonmano.
- Algunos factores como la distancia del lanzamiento, la oposición o la velocidad condicionara el resultado del mismo, y por tanto podrán condicionar también el resultado del partido.
- La duración del ciclo de pasos previo al lanzamiento estará condicionada por la distancia del lanzamiento. Siendo necesario dominar este gesto técnico debido a la variabilidad del mismo en función de los oponentes.
- El aumento de la complejidad en la toma de decisión reducirá la velocidad y precisión del lanzamiento. Pudiendo ser este un factor limitante del nivel competitivo del jugador analizado.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Analizar el lanzamiento en balonmano, investigando la influencia de los factores antropométricos en este gesto, los factores determinantes en competición y la relevancia de la toma de decisión en su resultado.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características antropométricas y su influencia en la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano masculino de diferentes edades.
- Determinar los factores determinantes en competición que afectan a los lanzamientos en balonmano, a su efectividad y sus relaciones con diferentes factores, tales como: la distancia de lanzamiento, el tipo de armado de brazo, tipo de lanzamiento, si se realiza saltando o en apoyo, el último pie de apoyo utilizado, así como su relación con el resultado final del partido en competiciones de balonmano masculino de élite.
- Estudiar el ciclo de pasos previo al lanzamiento en competiciones de balonmano masculino de élite, así como la relación con variables como la eficiencia, la distancia de lanzamiento, la técnica de lanzamiento y resultado final del partido.
- Comprobar la importancia de la toma de decisión en balonmano y como está influenciada por la capacidad de salto, por la velocidad de lanzamiento, por la precisión y determinar si alguno de estos factores es indicador del nivel competitivo de los jugadores de diferentes categorías.

5 MATERIAL Y MÉTODOS

En esta sección se presentan a modo de resumen los principales aspectos metodológicos y materiales empleados en los cuatro estudios que componen la presente tesis doctoral.

En primer lugar, se desarrolló un estudio descriptivo para esclarecer la relación entre la velocidad de lanzamiento (VL) y varias variables antropométricas en jugadores en formación de balonmano masculino de diferentes edades (estudio 1).

Respecto al análisis de los factores determinantes en el lanzamiento (estudios 2 y 3), se utilizó la metodología observacional, que permite la recolección de datos directamente de los participantes en la competición (Anguera & Hernández-Mendo, 2014), incluyendo el análisis de grabaciones y secuencias de las acciones técnico-tácticas del juego en deportes colectivos y su resultado (análisis de partidos) (Ávila, Chiroso, Ureña, Lozano, & Ulloa, 2018; Saavedra, Pic, Lozano, Tella, & Madera, 2020).

Por último, se realizó un estudio de la toma de decisión en la velocidad y precisión del lanzamiento (estudio 4) mediante en análisis del lanzamiento de jugadores de varias edades, donde se valoraba la variación de la velocidad de lanzamiento en salto y la precisión, según la dificultad de la toma de decisión específica del lanzamiento.

La muestra de estos estudios estuvo formada por jugadores de categorías U12 a élite de diferentes clubes nacionales y selecciones de diferentes países, que participaban en competiciones territoriales, nacionales e internacionales.

Tabla 1. Muestra de todos los estudios

Estudio	Participantes
1. Relationship Between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages	n = 176 (hombres) Nivel: Amateur edad: 16,51 ± 5.1 años Exp: 7,79 ± 5,06 kg/m ²
2. Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball	n = 180 (hombres) Nivel: Profesional edad: 27,57 ± 4,3 años altura: 1,90 ± 12,2 m peso: 86,6 ± 9,9 kg Exp: 10,1 años Entrenamiento: 23,5 horas/semana
3. Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball.	n = 174 (hombres) Nivel: Profesional edad: 26,98 ± 5,2 años altura: 1,91 ± 0,84 m peso: 89,9 ± 7,9 kg Exp: 11,8 años Entrenamiento: 20 horas/semana
4. Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball	n = 35 (hombres) Nivel: Amateur/Profesional edad: 23,97 ± 4,64 años altura: 185,46 ± 6,79 m peso: 86,68 ± 13,14 kg Exp.: 14,29 ± 4,70 años

5.1 Análisis antropométrico

Las medidas de altura (m), peso (kg) e IMC (kg/m²) se determinaron para cada participante utilizando una balanza (SECA 769; SECA Corp., Hamburgo, Alemania) provista de un estadiómetro de precisión (SECA 222; SECA Corp., Hamburgo, Alemania). Todas las medidas se tomaron con los participantes usando solo ropa interior. La evaluación antropométrica siguió las pautas emitidas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Stewart, Marfell-Jones, Olds, & De Ridder, 2011). Todas las mediciones fueron realizadas por un antropometrista ISAK Nivel 2. Se consideró un error técnico de medición intraobservador del 1 (Becerra et al., 2018). Se midió la envergadura de los brazos y se determinó la distancia desde el borde de un brazo (medido en la yema de los dedos) al otro por medio de una cinta antropométrica de metal Lufkin (Lufkin W606PM, Apex Tool Group, Maryland, MD, EE. UU.), de pie contra una pared plana, abducción de brazos de 90°, codos y muñecas extendidos y palmas frente a frente adelante (Mohanty, Babu, & Nair, 2001). Se midió la extensión de la mano y se determinó la distancia desde la punta del pulgar hasta la punta del dedo meñique en la mano extendida con una cinta antropométrica metálica. Todas las medidas tienen una precisión de 0,001 m.

5.2 Metodología observacional

Para analizar los factores determinantes que afectan a los lanzamientos en el balonmano de élite, se diseñó un sistema de observación ad hoc (Anguera & Hernández-Mendo, 2014). Estaba compuesto por ocho variables y 28 categorías multidimensionales (Tabla 2). La informatización del registro se realizó mediante el software libre y versátil Lince v.1.4 (www.observesport.com, consultado el 24 de septiembre de 2021). (Gabin, Camerino, Anguera, & Castañer, 2012). Este programa contribuye a los procedimientos de seguimiento informatizados que agilizan el proceso de registro (Hernandez-Mendo et al., 2014).

Tabla 2. Variables y descripciones

Variable	Descripción
Distancia	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de seis metros (6 m): Lanzamiento realizado con el último contacto del jugador fuera de la zona de seis metros y cayendo dentro y/o invadiendo el espacio aéreo de la zona de seis metros. - Zona media (6-9 m): Lanzamiento realizado con el último contacto del jugador que realiza la acción en la zona media situada entre la zona de seis y nueve metros, sin invadir el espacio aéreo de la zona de seis metros. - Zona de nueve metros (9 m): Lanzamiento realizado con el último contacto del jugador fuera de la zona de nueve metros y cayendo dentro o fuera de esta zona. - Zona de siete metros (7 m): Lanzamiento realizado en la situación reglamentaria de siete metros. - Zona de campo medio (1/2): Lanzamiento realizado con el último contacto del jugador en su propio campo medio.
Armado	<ul style="list-style-type: none"> = Lanzamiento por encima del brazo: Lanzamiento hecho con el brazo por encima de la cabeza. - Lanzamiento de cadera: Lanzamiento realizado con el brazo a la altura de la cintura en el lado del brazo lanzador. - Rectificado: Lanzamiento realizado con el brazo inclinado hacia el lado opuesto del brazo lanzador. - Lanzamiento hacia atrás: Lanzamiento hecho de espaldas hacia la portería. - Lanzamiento bajo: Lanzamiento realizado con la mano por debajo de la rodilla. - Lanzamiento frontal: Lanzamiento hacia delante sin realizar un armado específico
Salto/Apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Lanzamiento de salto: Lanzamiento realizado en la fase aérea del salto cuando el jugador no está en contacto con el suelo. - Lanzamiento en apoyo: Lanzamiento realizado cuando el jugador está en contacto con el suelo con uno de sus pies.
Tipo de lanzamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Lanzamiento de velocidad: Cualquier otro tipo de lanzamiento que no se considere como lanzamiento de habilidad. - Lanzamiento de habilidad: El jugador utiliza algún tipo de técnica de alto nivel como una rosca (lanzar con efecto), un lanzamiento liftado (un lanzamiento en el que la bola en su trayectoria de aire cambia su velocidad) y un lanzamiento parabólico.
Ciclo de pasos	<ul style="list-style-type: none"> - Paso cero: Un lanzamiento sin usar ningún paso del ciclo de pasos. - Un paso: Tirar después de dar un paso. - Dos pasos: Tirar después de dar dos pasos. - Tres pasos: Tirar después de dar tres pasos. - Vuelo: Lanzamiento realizado cuando la pelota es atrapada en el aire y lanzada antes de que el jugador toque el suelo. - Más de tres pasos: Lanzamiento hecho con más de tres pasos sin ser sancionado por esta violación reglamentaria.
Pie	<ul style="list-style-type: none"> - Natural: Lanzamiento realizado con el último contacto del jugador con el suelo siendo con el pie opuesto al lado del brazo ejecutor. - Cambiado: Lanzamiento realizado con el último contacto del jugador con el suelo siendo con el pie del mismo lado del brazo ejecutor. - Dos pies: Lanzamiento hecho con el último contacto del jugador con el suelo siendo con ambos pies simultáneamente.
Resultado	<ul style="list-style-type: none"> - Gol: Un lanzamiento que es concedido como gol por los árbitros al sobrepasar la línea de gol. - Fuera: Un lanzamiento que no es tocado por ningún jugador del equipo rival y termina fuera de la red o golpea el poste sin ser un gol. - Bloqueado: Un lanzamiento donde el portero evita que el lanzamiento termine en la portería. - Defensa: Contacto/acción del defensor en el lanzamiento de balón.

El instrumento de observación fue validado por un panel de expertos formado por tres licenciados en ciencias del deporte y entrenadores nacionales de balonmano con experiencia investigadora en metodología observacional (Villaseñor, Lopez, & Argilaga, 2003). La formación de los observadores se completó gracias a la creación de un manual de observación en el que se definieron las variables y los códigos del proceso observacional (Fernández et al., 2009). Todos los análisis se realizaron en un período de 30 días utilizando la misma herramienta y en el mismo espacio. Se analizaron dos partidos elegidos al azar, calculando la consistencia interna y la confiabilidad intraobservador (en dos momentos diferentes) y la consistencia interna y la confiabilidad interobservador. La consistencia interna y los umbrales de confiabilidad, entre 0 y 1 (Peterson & Kim, 2013), se establecieron en: para α (consistencia interna), $<0,50$ inaceptable, $0,51-0,60$ mala, $0,61-0,70$ cuestionable, $0,71-0,80$ aceptable, $0,81-0,90$ buena, y $\geq 0,91$ excelente (George & Mallery, 2019); para ICC (confiabilidad), $\leq 0,50$ deficiente, $0,51-0,75$ moderado, $0,76-0,90$ bueno y $\geq 0,91$ excelente (Koo & Li, 2016); y para κ (fiabilidad) $<0,01$ sin acuerdo, $0,01-0,20$ deficiente, $0,21-0,40$ discreto/regular, $0,41-0,60$ moderado, $0,61-0,80$ bueno y $0,81-1,00$ muy bueno (Landis & Koch, 1977). La validación mostró la consistencia interna y la confiabilidad de las medias intraobservador de 0,86 y las medias interobservador de 0,91. Ambos pueden considerarse buenos y muy buenos.

5.3 Análisis de la altura del salto

La evaluación del salto se realizó mediante la aplicación validada My Jump 2 (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015), analizando un CMJ (Contra Movimiento Jump) tanto bipodal, como unipodal con ambas piernas, en lo que se realizaron dos intentos seleccionando el mayor de los dos.

Para medir la altura de salto se han utilizado un teléfono móvil Iphone X para grabar los vídeos que posteriormente se han analizados mediante la aplicación My Jump 2, herramienta validada para su uso en investigación por Balsalobre-Fernández et al., (2015).

5.4 Velocidad de lanzamiento

Con respecto a la medición de la VL, se estableció un protocolo de nueve lanzamientos de pie utilizando solo el mejor resultado para el análisis. Todos los jugadores realizaron en primer lugar, un calentamiento estandarizado establecido por los investigadores y el cuerpo técnico del equipo analizado, consistente en cinco min de carrera a baja intensidad, tres min de ejercicios de movilidad y dos min de estiramientos activos y ejercicios balísticos. Finalmente, previo a la participación se desarrolló un calentamiento centrado en el lanzamiento. Respecto al protocolo de lanzamientos, en el estudio 1 se realizan desde la línea de siete metros, permitiendo levantar un solo pie y nunca pisar la línea de siete metros, simulando un lanzamiento de penalti reglamentario en balonmano (RFEBM, 2016). La medición del lanzamiento en salto en el estudio 4 se lleva a cabo desde la línea de 9 metros en salto, con pie de apoyo natural, y con una carrera previa de 2 pasos, Únicamente se consideraron validos los lanzamientos directos que entraron en la portería sin tocar el suelo con anterioridad.

En ambos se realizaron tres series de tres lanzamientos con 1 minuto entre cada lanzamiento y 3 minutos entre series, con un descanso de 30 segundos entre cada lanzamiento, lo que asegura una recuperación completa (Nuño et al., 2016). La VL se registro gracias a un radar deportivo de alto rendimiento (Stalker Pro 2 Radar Gun, Applied Concepts, Inc./Stalker Radar, Texas, EE. UU.) colocado en la línea de 9 metros, detrás del jugador que lanzaba el balón y apuntando al brazo ejecutor. Se utilizaron balones oficiales fundidos (Molten Corp., Hiroshima, Japón), (circunferencia: 58-60 mm; peso: 425-475 g).



Ilustración 1. Stalker Pro 2 Ruder Gun (Estudio 1).

5.5 Precisión de lanzamiento.

Las áreas objetivo se eligieron como los puntos extremos del área de portería (esquinas superior e inferior, derecha e izquierda), lo que probablemente dió lugar a diferencias en la forma de movimiento de los jugadores (Akyüz, Avşar, Bilge, Deliceoğlu, & Korkusuz, 2019; Bourne, Bennett, Hayes, & Williams, 2011). Las dimensiones del área de precisión fueron de 0,4 por 0,4 metros, la luz diana estaba ubicada a 0,2 metros de los postes laterales y superior de la portería. Introducir el balón en este marco, se consideró correcta, en caso contrario incorrecta. Se utilizó una cámara de video digital de alta definición (Sony HXR-MC50P; Sony Corporation, Tokio, Japón) para analizar la precisión. La cámara de video de alta definición se montó en un trípode, en la zona central del campo, a una distancia de 10 metros y a una altura de 1,5 metros, grabando en dirección a portería.

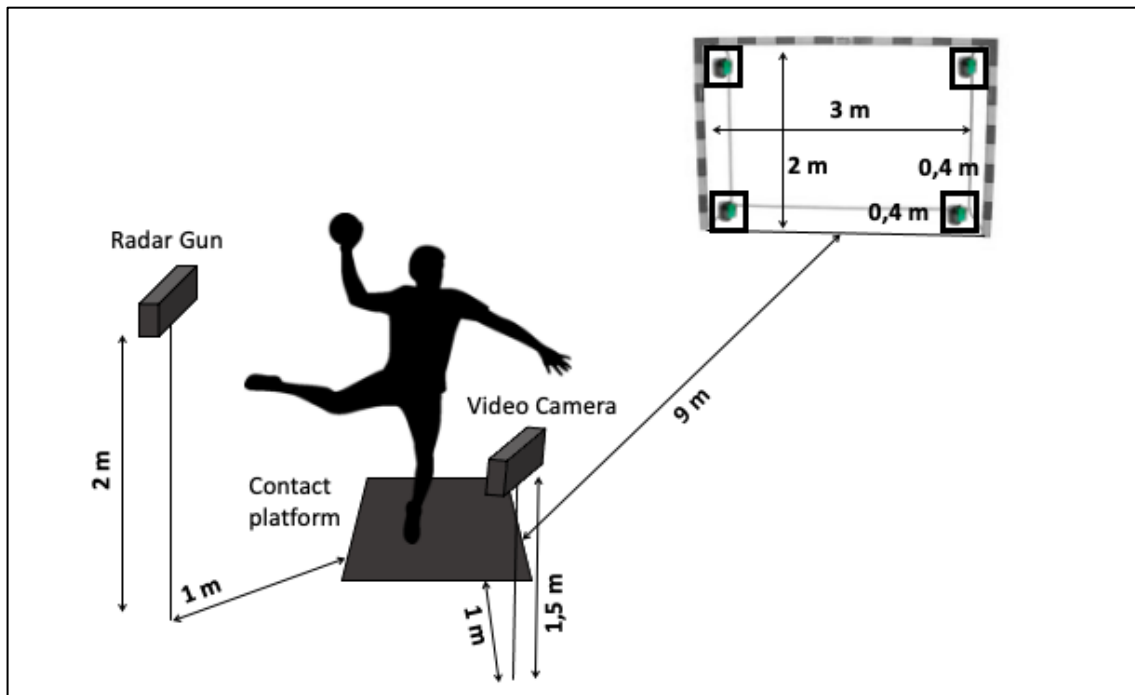


Ilustración 2. Protocolo de análisis de la precisión

5.6 Test toma de decisión

El test de toma de decisión se realizan lanzamientos en salto, con pie de apoyo natural, desde 9 metros y con una carrera previa de 2 pasos, donde el jugador deberá soltar el balón antes de volver a caer al suelo. El último apoyo se realiza sobre una plataforma de contacto (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, España) que activa las luces “Witty SEM” (Microgate, Bolzano, Italy), colocadas en las cuatro esquinas de la portería a 0,2 m de cada poste lateral y superior. Se analizan 3 niveles de dificultad (T1, T2, T3) en los que se retrasa el tiempo de activación de las luces (T1: 0 segundos; T2: 0,100 segundos; T3: 0,250 segundos). Se efectuarán dos lanzamientos por nivel, en cada uno de ellos únicamente se encenderá una de las 4 luces colocadas, siendo esta el objetivo de dicho lanzamiento.



Ilustración 3. Toma de datos

El test de toma de decisión y precisión se ha realizado en una pista indoor reglamentaria de balonmano utilizando una plataforma de contacto (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, España), conectada de manera inalámbrica con un sistema de luces “Witty SEM” (Microgate, Bolzano, Italy).

Tabla 3. Resumen de la metodología empleada en los artículos que componen la presente tesis doctoral

Estudio	Participantes	Protocolo	Variables	Análisis estadístico
1. Relationship Between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages	n = 176 (hombres) Nivel: Amateur edad: 16,51 ± 5,1 años Exp: 7,79 ± 5,06 kg/m ²	Medición de altura (m), peso (kg) y IMC (kg/m ²), brazos y manos. Test de velocidad de lanzamiento desde 7 metros en estático, mediante radar, tres lanzamientos con 1 minuto entre cada lanzamiento y 3 minutos entre series, con un descanso de 30 segundos entre cada lanzamiento.	Altura Peso IMC Medida brazo Medida mano TS	Pruebas de homocedasticidad Pruebas normalidad ANOVA Bonferroni Pearson linear correlación. Durbin-Watson Tamaño del efecto d de Cohen (ES)
2. Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball	Se realizan 24 análisis de equipos en finales, semifinales y partidos por el tercer y cuarto puesto en competiciones internacionales por selecciones.	Análisis mediante metodología observacional. Utilizando un instrumento de observación (software LINCE)	Distancia Posición del brazo Salto/Apoyo Tipo de lanzamiento Ciclo de pasos Pie Resultado	Análisis Descriptivo Pruebas normalidad ANOVA (un factor) Prueba de chi-cuadrado Prueba de Residuos Ajustados
3. Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball	Se realizan 24 análisis de equipos en finales, semifinales y partidos por el tercer y cuarto puesto en competiciones internacionales por selecciones.	Análisis mediante metodología observacional. Utilizando un instrumento de observación (software LINCE)	Distancia Posición del brazo Salto/Apoyo Tipo de lanzamiento	Análisis descriptivo Pruebas normalidad ANOVA (un factor) Prueba de chi-cuadrado Prueba de residuos ajustados

		Ciclo de pasos		
		Pie		
		Resultado		
4. Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball	n = 35 (hombres)	Medición de CMJ y velocidad de lanzamiento. Test de valoración de la influencia de la toma de decision en la velocidad de lanzamiento y la precision. Mediante lanzamientos de 9 metros en salto con dos pasos previos. Se realizan tres lanzamientos con 1 minuto entre cada lanzamiento y 3 minutos entre series, con un descanso de 30 segundos entre cada lanzamiento	CMJ (cm)	Pruebas normalidad Pruebas homogeneidad Prueba T Tamaño del efecto
	Nivel: Amateur/Profesional		CMJL (cm)	
	edad: 23,97 ± 4,64 años		VL Jump (m/s)	
	altura: 185,46 ± 6,79 m		VLD T1 (m/s)	
	peso: 86,68 ± 13,14 kg		VLD T2 (m/s)	
Exp.: 14,29 ± 4,70 años		VLD T3 (m/s)		

IMC: índice de masa corporal; VL: velocidad de lanzamiento; CMJ: Salto con contramovimiento; VLD: Velocidad de lanzamiento con toma de decisión. Exp: Experiencia en años de entrenamiento.

Referencias

- Akyüz, B., Aşar, P. A., Bilge, M., Deliceoğlu, G., & Korkusuz, F. (2019). Skeletal muscle fatigue does not affect shooting accuracy of handball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(4), 253–259.
- Anguera, M. T., & Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología Del Deporte*, 23(1), 103–109.
- Ávila, F. M., Chiroso, L. J., Ureña, A., Lozano, D., & Ulloa, D. (2018). Evaluation of tactical performance in invasion team sports: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 8668(2), 1–22. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460054>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockett, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579.
- Becerra, M. O., Espina-Agulló, J. J., Pueo, B., Jiménez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomás, A., & Sellés-Pérez, S. (2018). Anthropometric profile and performance indicators in female elite beach handball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 18, 1155–1160. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.s2172>
- Bourne, M., Bennett, S. J., Hayes, S. J., & Williams, A. M. (2011). The dynamical structure of handball penalty shots as a function of target location. *Human Movement Science*, 30(1), 40–55.
- Fernández, J., Camerino, O., Anguera, M. T., Jonsson, G. K., Fernandez, J., Camerino, O., ... Jonsson, G. K. (2009). Identifying and analyzing the construction and effectiveness of offensive plays in basketball by using systematic observation. *Behavior Research Methods*, 41(3), 719–730. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.3.719>
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692–4694.
- George, D., & Mallery, P. (2019). *IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide*

and reference. Routledge.

- Hernandez-Mendo, A. H., Castellano, J., Camerino, O., Jonsson, G., Villaseñor, Á. B., Lopes, A., & Anguera, M. T. (2014). Programas informáticos de registro, control de calidad del dato, y análisis de datos. *Revista de Psicología Del Deporte*, 23(1), 111–121.
- 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>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2529310>
- Mohanty, S. P., Babu, S. S., & Nair, N. S. (2001). The use of arm span as a predictor of height: A study of South Indian women. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 9(1), 19–23.
- Nuño, A., Chiroso, I. J., Van Den Tillaar, R., Guisado, R., Martín, I., Martínez, I., & Chiroso, L. J. (2016). Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 103–113. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0039>
- Peterson, R. A., & Kim, Y. (2013). On the relationship between coefficient alpha and composite reliability. *Journal of Applied Psychology*, 98(1), 194–198. <https://doi.org/doi: 10.1037/a0030767>
- RFEBM. (2016). *Reglas de juego de la Real Federacion Española de Balonmano*. Retrieved from https://www.rfebm.com/sites/default/files/documentos/reglas_pista_web_marcagua_1.pdf
- Saavedra, J. M., Pic, M., Lozano, D., Tella, V., & Madera, J. (2020). The predictive power of game-related statistics for the final result under the rule changes introduced in the men's world water polo championship: a classification-tree approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(1), 31–41.

Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, H. (2011). International standards for anthropometric assessment (ISAK). *New Zealand: Lower Hutt*.

Villaseñor, Á. B., Lopez, J. L. L., & Argilaga, M. T. A. (2003). Data analysis techniques in observational designs applied to the environment-behaviour relation. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 4(2), 111–126.

6 RESULTADOS

En esta sección se presentan los artículos que componen la presente tesis doctoral en el formato en que han sido publicados o enviados a las revistas científicas. En cada uno de ellos se desarrollan en profundidad los resultados obtenidos.

LISTA DE PUBLICACIONES

La presente memoria de Tesis Doctoral está compuesta por los siguientes artículos científicos:

Estudio 1. Tuquet, J., Zapardiel, J. C., Saavedra, J. M., Jaén-Carrillo, D., & Lozano, D. (2020). Relationship between anthropometric parameters and throwing speed in amateur male handball players at different ages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7022. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17197022>

Estudio 2. Tuquet, J., Lozano, D., Antunez, A., Larroy, J., & Mainer-Pardos, E. (2021). Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball. *Sustainability*, 13(19), 10913. Doi: <https://doi.org/10.3390/su131910913>

Estudio 3. Tuquet, J., Cartón, A., Marco-Contreras, L. A., Mainer-Pardos, E., & Lozano, D. (2022). Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball. *Sustainability*, 14(9), 5291. Doi: <https://doi.org/10.3390/su14095291>

Estudio 4. Tuquet J., Mainer-Pardos E., Rosell C., Cartón A., García-Buendía G., & Lozano D. Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball. *Submitted. Enviado el 9/06/2022 a International Journal of Sport and Exercise Psychology.*

**Estudio 1. Relationship between anthropometric parameters and
throwing speed in amateur male handball players at different
ages.**

Jaime Tuquet ¹, Juan Carlos Zapardiel ², Jose M. Saavedra ³, Diego Jaén-
Carrillo ¹ and Demetrio Lozano ^{1,*}

Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, (Zaragoza), Spain.;
jtuquet@usj.es (J.T.); djaen@usj.es (D.J.-C.)

² Biomedical Science Department, Alcala University, 28054 Alcalá de Henares, Madrid, Spain; juancarloszapardiel@gmail.com

³ Physical Activity, Physical Education, Sport and Health (PAPESH) Research Centre, Sports Science Department, School of
Social Sciences, Reykjavik University, IS-101 Reykjavik, Iceland; saavedra@ru.is

* Correspondence: dlozano@usj.es; Tel.: +34607417795

Environ. Res. Public Health

DOI: 10.3390/ijerph17197022



Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages

Jaime Tuquet¹, Juan Carlos Zapardiel², Jose M. Saavedra³, Diego Jaén-Carrillo¹ and Demetrio Lozano^{1,*}

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, (Zaragoza), Spain.; jtuquet@usj.es (J.T.); djaen@usj.es (D.J.-C.)

² Biomedical Science Department, Alcalá University, 28054 Alcalá de Henares, Madrid, Spain; juancarloszapardiel@gmail.com

³ Physical Activity, Physical Education, Sport and Health (PAPESH) Research Centre, Sports Science Department, School of Social Sciences, Reykjavik University, IS-101 Reykjavik, Iceland; saavedra@ru.is

* Correspondence: dlozano@usj.es; Tel.: +34607417795

Received: 27 July 2020; Accepted: 21 September 2020; Published: date



check for
updates

Abstract: The objectives of this study were: (i) to analyse anthropometric parameters and throwing speed from seven meters in amateur male handball players of different ages; (ii) to know the relationship between anthropometric parameters and throwing. One hundred seventy-six male handball players (16.5 ± 5.1 years old) participated in the study, classified according to their age: senior ($n = 35$), U18 ($n = 30$), U16 ($n = 37$), U14 ($n = 50$) and U12 ($n = 24$). All participants were evaluated by anthropometric measurements (height, weight, body mass index, arm span, hand width) and throwing speed from 7 m standing. A one-way analysis of variance with a Bonferroni post hoc test was used to establish the differences between teams. Pearson's simple correlation coefficients were calculated between analyse anthropometric parameters and throwing speed. Multiple linear regression was used to predict the throwing speed. Only BMI was related with throwing speed in all age groups ($0.506 > r < 0.813$, $p < 0.05$). Throwing speed was predicted (24–72%) with only one or two variables in each model. The selected variables were: BMI, arm span in U16 model and height U14 model, and the BMI, arm span and height are proved to be good predictors of TS in male handball players.

Keywords: ball throwing; hand size; arm span; motor performance

1. Introduction

Throwing the ball into the opponent's goal is one of the most important actions for the achievement of sporting success in handball [1]. This technical-tactical gesture draws special attention as the goals difference between teams results in winners and losers at the end of a handball game [2–4]. It has been shown that speed and accuracy are the two most important factors while throwing the ball into the goal successfully [5]. The ball deceleration, especially when throwing further from the 9-m line, is considered a key

element [6,7]. While several studies show that the increase in speed impairs accuracy [8,9].

Traditionally, it has been estimated that throwing speed (TS) depends on different factors such as technique, temporal coordination of the different body segments, and power of both upper and lower body muscle groups [10]. On the other hand, anthropometric characteristics [7,11,12], speed, and throwing accuracy [8,9] are considered as the most appropriate variables for talent detection [13].

Hand size and fingers length, influence the most on throwing in handball [14–16]. The latter allows a greater and better mastery of the ball [17] and seems to be the best indicator of throwing accuracy and shot due to its positive correlation with the maximum grip strength [18]. Additionally, hand span is commonly used as a reference in models identification in young handball players [19]. It has been reported that that other characteristics such as body size could also have a positive effecting handball [20].

Previous work have considered both throwing distances from 7 m [21–23] and 9 m [24,25]. This is due to their influence on the final result since it has been reported that the efficacy of the throws into the goal is one of the most important distinction between winners and losers [26]. Finally, the throwing from 7 m distances have been selected, since within the rules of handball [27] by simple easy execution and correct systematic repetition. Although there exist studies analyzing the evolution of body morphology over age in handball players, research examining the influence of those features on throwing speed at different ages is limited.

Consequently, the objectives of this study were: (i) to analyse anthropometric parameters and TS from seven meters in male handball players of different ages and, (ii) to know the relationship between anthropometric parameters and throwing speed.

2. Materials and Methods

A descriptive study was developed to clarify the relationship between TS (dependent variable) and anthropometric parameters (independent variables) in amateur male handball players.

2.1. Participants

One hundred seventy-six amateur male handball players participated in the study. Convenience sampling was by non-probability and non-random sampling. The participants were classified in function their age: senior ($n = 35$, 24.9 ± 5.2 yr), under-18 ($n = 30$, 17.13 ± 0.35 yr), under-16 ($n = 37$, 15.32 ± 0.47 yr), under-14 ($n = 50$, 13.7 ± 0.46 yr) and under-12 ($n = 24$, 11.25 ± 1.15 yr). All the subjects had knowledge and training experience in handball and in the technical gesture of the throw: senior (15.5 ± 5.6 yr), under-18 ($8.2 \pm 1, 15$ yr), under-16 (7 ± 1.88 yr), under-14 (5.2 ± 1.80 yr) and under-12 (2.7 ± 1.45 yr).

All participants were informed in detail about the research protocol and the basic characteristics of the study as well as the possible risks related to the test execution, and informed consent in accordance with the Declaration of Helsinki was signed by all of them prior to the start of the study. Where needed, parents or other surrogates provided permission for under-18 and younger players. The recruitment was done among different handball teams in Aragon Handball Club, Spain, belonging to the different categories studied in the present study. The present study has the approval of the Alcala University, Spain, ethics committee.

2.2. Procedures

All the participants executed the same protocol under the same circumstances and were guided by a researcher. The measurements of height (m), weight (kg), and BMI (kg/m^2) were found for every participant using a weighing scale (SECA 769; SECA Corp., Hamburg, Germany) provided with a precision stadiometer (SECA 222; SECA Corp., Hamburg, Germany). All the measurements were taken with participants wearing only underwear. The anthropometric assessment followed the guidelines issued by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) [28]. All measurements were made by an ISAK Level 2 anthropometrist. A technical intraobserver measurement error of 1% was considered [29]. Arm span was measured and the distance from the edge one arm (measured at the fingertips) to the other was determined by means of a Lufkin metal anthropometric tape, standing against a flat wall, 90° arm abduction, elbows and wrists extended and palms facing forward [30]. Hand span was measured and the distance from the tip of the thumb to the tip of the little finger on the outstretched hand was determined with a metal anthropometric tape (Lufkin W606PM, Apex Tool Group, Maryland, MD, USA). All the measurements have a precision of 0.001 m.

In regards with the measurement of TS, a protocol of nine standing throws was set up using only the best result for analysis. First, a standardized warm-up established by the researchers and technical staff was performed, consisting of five min of low intensity running, three min of mobility exercises and two min of active stretching and ballistic exercises. Finally, warm-up focused on throwing was developed prior to participation. Throws were performed from the seven-meter line, allowing only one foot to be lifted and never stepping on the seven-meter line, simulating a penalty throw in handball [27], with a 30-s rest between each throw, which ensures a complete recovery [31]. The TS was recorded using a high performance sports radar (Stalker Pro 2 Radar Gun, Applied Concepts, Inc./Stalker Radar, Texas, TX, USA) placed at the 9-m line, behind the player throwing the ball, and pointing to the executing arm. Only throws that entered directly into the goal, without touching the ground, were considered as valid. Molten official handballs (Molten Corp., Hiroshima, Japan) were used, (circumference: 50–60 mm; weight: 290–475 g), depending on the regulation size corresponding to the participant's age.

2.3. Statistical Analysis

The basic descriptive statistics mean and standard deviation were calculated. All the variables satisfied the tests of homoskedasticity (Levene variance homogeneity test) and normality (Kolmogorov-Smirnov test) of their distributions. One way of variance (ANOVA) was used to compare means between age groups. As significant variable effects were determined ($\alpha = 0.05$), Bonferroni post-hoc pairwise comparisons were executed to determine where the main effects occurred. The intragroup linear relationships between variables pair was examined using Pearson linear correlation. A multiple linear regression was carried out to obtain the β index stepwise selection. Correlations between arm span, hand span and BMI were found via R^2 . TS was used as a dependent variable. The ranges of the variance inflation factor for all the independent variables were between 1.009 and 2.830, and they showed a small influence of collinearity. The Durbin-Watson statistic was calculated and showed that there was no autocorrelation in the residuals (the values of the statistic ranged from 1.378 to 1.627). The analysis was complemented by descriptive statistics, model fitting, estimation and confidence intervals. Relative reliability analysis was examined by the intragroup correlation coefficients (ICC). An ICC equal at or above 0.70 was considered acceptable

[32]. The magnitude of between-groups differences was expressed using Cohen's *d* effect size (ES) [33]. The ES adopted criteria to interpret the magnitude were as follows: trivial (<0.2), small (0.2–0.6), moderate (0.61–1.2), large (>1.2) [33]. Statistical analyses were performed using the SPSS (version 25, SPSS Inc., Chicago, IL, USA, Ill). Power analysis (post-hoc) was done using G*power software, version 3.1. Using a moderate effect size of 0.1, statistical power was 0.89 (1-beta) [34,35].

3. Results

ANOVA analysis provided the differences between contiguous age groups (Table 1). Regarding TS from the 7-m line, significant differences are shown between the U16-14 ($p < 0.001$) and U14-U12 ($p < 0.001$) groups. In the intergroup analysis (Figure 1) between Senior and U18 categories, a most likely evolution is observed in the variables of TS, arm span, weight, and height. In the analysis of the relationship between U18-U16 groups, the development of BMI and weight is considered most likely. The evolution between the variables of U14 and U16 groups is considered most likely for TS, arm span, hand span and height. Ultimately, the development between U12 and U14 is considered most likely for TS, arm span, hand span, weight and height. In the intragroup analysis between Senior and U18, U16-U14 and U14-U12 categories, the relationship is considered most likely evolution. In the analysis of the relationship between U18-U16 the development is considered very likely.

Table 1. Mean (M) and standard deviation (SD) of each variable. A one-way analysis of variance (ANOVA) with Bonferroni post-hot test was used to compare means between groups.

	Senior (n=35)	U18 (n=30)	U16 (n=37)	U14 (n=50)	U12 (n=24)	F	<i>p</i>	Differences ¹
Height (m)	1.87 ± 0.07	1.80 ± 0.06	1.80 ± 0.05	1.67 ± 0.10	1.49 ± 8.98	100.42	<0.001	U16>U14>U12
Weight (kg)	89.27 ± 10.45	82.06 ± 9.29	72.97 ± 11.99	58.70 ± 11.10	44.13 ± 9.52	87.80	<0.001	U16>U14>U12
BMI (kg/m ²)	24.65 ± 1.63	22.97 ± 1.74	21.75 ± 1.85	19.32 ± 2.29	15.49 ± 1.67	100.69	<0.001	U16>U14>U12
Hand span (cm)	25.35 ± 2.55	25.04 ± 1.78	22.33 ± 3.36	20.90 ± 2.97	19.60 ± 2.94	25.45	<0.001	U18>U16,
Arm span (cm)	191.14 ± 7.71	182.41 ± 10.95	181.84 ± 7.27	170.24 ± 11.08	153.02 ± 6.52	67.05	<0.001	A>U18, U16>U14>U12
Throw speed (m/s)	23.78 ± 1.24	23.16 ± 1.09	22.61 ± 1.29	21.37 ± 1.96	18.74 ± 1.62	54.25	<0.001	U16>U14>U12

¹ U18 = Under 18 age group; U16 = Under 16 age group; U14 = Under 14 age group; U12 = Under 12 age group; BMI = body mass index.

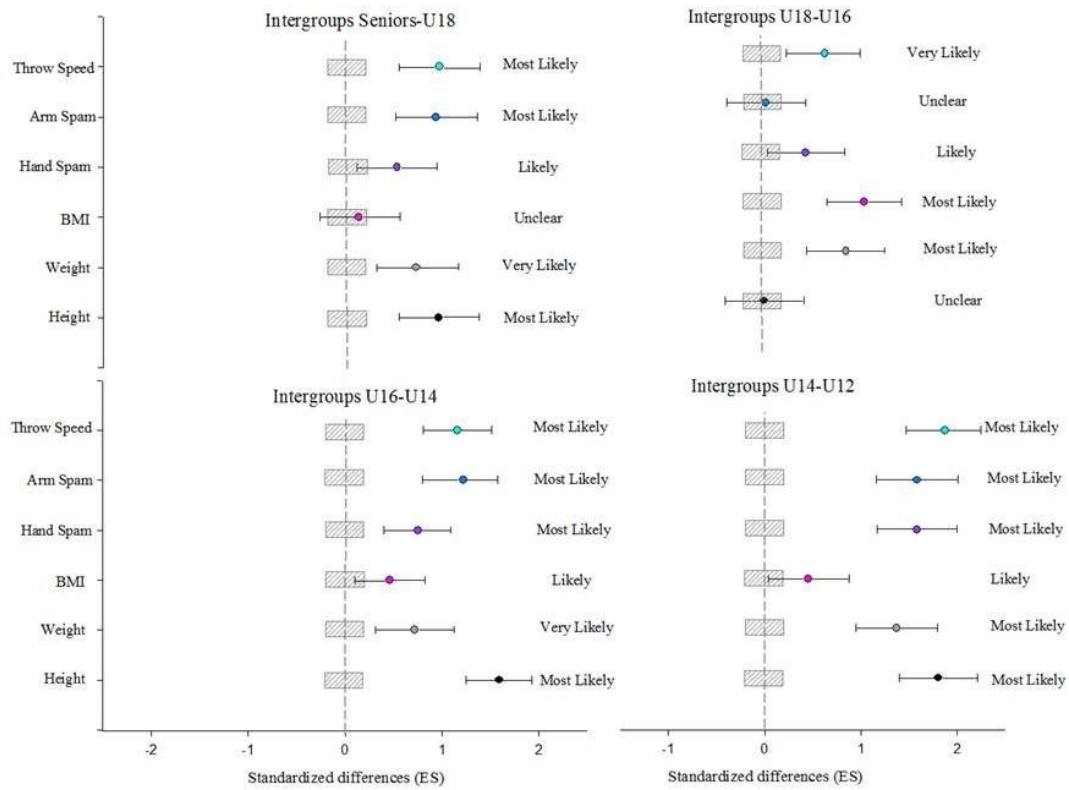


Figure 1. Cohen’s d effect size (ES) between-groups.

A linear intragroup correlation (Table 2) was performed to clarify which variables are dependent and predictive of others, within each age group, focusing on the TS variable. In the Senior category, TS shows a significant correlation with the BMI of $r = 0.514$. Linear intragroup correlation for U18, taking TS as the reference variable (TS) also shows a significant correlation with BMI, with arm span, and height of $r = 0.506$, $r = 0.478$ and $r = 0.431$ respectively. For U16 players TS exhibits a significant correlation with BMI of $r = 0.782$, and with height of $r = 0.55$ and weight of $r = 0.538$. In the U14 group, the main predictor variable of TS is height of $r = 0.785$, BMI of $r = 0.774$ and weight of $r = 0.576$ and arm span $r = 0.732$ also shows a significant correlation. For U12 players, TS was also determined by the BMI of $r = 0.813$.

Table 2. Pearson’s linear partial correlation for each variable.

Group ¹	Height	Weight	BMI	Hand Span	Arm Span
Senior	Height				
	Weight	0.552 **			
	BMI		0.442 *		
	Hand Span			0.750 **	
	Arm Span	0.886 **	0.563 **		
	TS			0.514 *	
U18	Height				

	Weight	0.440 *			
	BMI	0.450 *			
	Hand Span		0.902 **		
	Arm Span	0.811 **			
	TS	0.431 *		0.506 *	0.478 *
	Height				
U16	Weight	0.665 **			
	BMI	0.665 **	0.485 *		
	Hand Span		0.748 **		
	Arm Span	0.547 *		0.500 *	
	TS	0.550 *	0.538 *	0.782 *	
	Height				
U14	Weight	0.683 **			
	BMI	0.701 **	0.468 **		
	Hand Span		0.797 **		
	Arm Span	0.940 **	0.660 **	0.677 **	
	TS	0.785 **	0.576 **	0.774 **	0.732 **
	Height				
U12	Weight	0.761 **			
	BMI				
	Hand Span		0.907 **		
	Arm Span	0.916 **	0.661 *		
	TS			0.813 **	
	Height				

¹ U18 = Under 18 age group; U16 = Under 16 age group; U14 = Under 14 age group; U12 = Under 12 age group; BMI = body mass index; TS, throw speed. * $p < 0.005$; ** $p < 0.001$.

The multiple linear regression model used to predict the speed throw (Table 3) the R² values showed that the correlation between TS and BMI in all age groups studied is confirmed except in the U16. The model predicted the TS in senior group with the BMI ($\beta = 0.514$); in U18 group with the BMI ($\beta = 0.916$); in U16 group with the arm span variable ($\beta = 0.448$); in U14 group with the BMI ($\beta = 0.0514$) and the BMI and arm span ($\beta = 0.384$); in U12 group with the BMI ($\beta = 0.857$).

Table 3. Determinants of TS estimated R² in different age groups in male handball players.

Age group	R ²	Adjusted R ²	Constant	Determinants	Standardized β Coefficient	<i>p</i>
Senior	0.265	0.242	14.109	BMI	0.514	<0.01

Under-18	0.838	0.832	9.963	BMI	0.916	<0.01
Under-16	0.201	0.178	8.117	Arm span	0.448	<0.05
Under-14	0.679	0.666	1.315	BMI, arm span	0.514, 0.384	<0.01
Under12	0.735	0.723	3.938	BMI	0.857	<0.01

BMI = body mass index.

4. Discussion

The purpose of the study was to analyse anthropometric parameters and TS from seven meters in amateur male handball players of different ages, to know the relationship between anthropometric parameters and TS.

According to the results obtained to compare age groups, can be seen how the anthropometric variables are more relevant in younger players and gradually lose their value based on their progression in the categories. Previous studies determined the anthropometric parameters at different ages [12,18,36,37]. Likewise, others analysed the relationship between throwing speed and anthropometric variables [11,23,38,39].

With respect to the differences between anthropometry and TS, differences between all age groups are shown. These data are consistent with studied the relationship between anthropometric parameters and age groups in male handball players from greater to lower involvement from the youngest to the oldest players, respectively [18], and female handball players [12,40]. There were differences between U16-U14 groups and between U14-U12 groups. The literature on this topic, in accordance with our study, shows that the game category, experience, and age contribute to the fluctuation in speed between handball players [18,41,42]. In general, the TS is mainly determined by BMI in all age groups, followed by height and arm span. For U12, the main predictive variable of TS is BMI, for U14 groups height, followed by BMI, arm span, and weight, showing the last two variables lower correlations. For U16 players, in order to establish the relation TS-anthropometry, the most influential variable is arm span. The greatest anthropometric determination of TS for U18 players is BMI, followed by arm span and height, exhibiting the last two variables a moderate relationship. In senior category, TS has a significant correlation with BMI.

Regarding the relation for each variables (Table 2) a large number of studies dealing with the relationship between TS and anthropometric [20,25,42], founding a positive effect between fat-free body mass and TS in experienced handball players and found relationship between TS and height in novice handball players. Nevertheless, the previous studies agree that the anthropometric variables are related to TS but, at the same time, the most determining anthropometric variable does not coincide in most of them. The results agree with those of [43] showed in elite players a significantly higher TS in all type of throw (standing throws and vertical jump throws), body height was significantly related to standing throws vertical jump throws only for senior athletes. Likewise, Zapartidis et al. [44] did not find any relationship with BMI, but a moderate correlation with hand length, arm span and body height was found, which was also the case in our study. In the intergroup analysis, the greatest deviation occurs in the comparison between U18-U16 groups. AT these ages, only weight and BMI show a most likely evolution in relation to TS. This might be due to the mismatches that occur at this stage of biological maturation. This leads us to think that anthropometric variables are more related to TS when we isolate the action from the competitive context. Nevertheless, other studies do not concur on the relationship between TS and BMI in handball players of similar category and level.

While interpreting the findings of the present study, some limitations need to be considered. First, the previous training experience was not considered, discarding, consequently, the likely contribution to the TS. Furthermore, the present protocol was performed by amateur handball players, thus, outcomes in elite handball players is unknown.

5. Conclusions

The conclusions of this study are BMI, arm span and height are proved to be good predictors of TS in amateur male handball players. However, further studies need to be undertaken in this area in order to reach a greater consensus among researchers, especially to unify what would be the anthropometric variable that mostly influences on TS in handball. The findings reported here make sport scientists and coaches clearly distinguish the different variables influencing on TS at different ages and, therefore, they facilitate their work not only on throwing improvement, but also on the return-to-play process. Hence, given that the anthropometric parameters analyzed here are easy to assess, these might be evaluated by coaches systematically over the sport career of the players allowing to know, from a practical standpoint, their evolution and the influence of body morphology on throwing speed.

Author Contributions: : Conceptualization, J.T. and D.L.; methodology, J.T.; software, D.L.; validation, J.T., J.C.Z. and D.J.-C.; formal analysis, D.L. and J.M.S.; investigation, J.T.; resources, D.L.; data curation, J.M.S.; writing—original draft preparation, J.C.Z.; writing—review and editing, J.T.; visualization, D.L.; supervision, J.T., J.M.S., J.C.Z, D.J.-C and D.L.; project administration, D.L.. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Granados, C.; Izquierdo, M.; Ibañez, J.; Bonnabau, H.; Gorostiaga, E.M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *Int. J. Sports Med.* **2007**, *28*, 860–867.
2. Ferrari, W.; Vaz, V.; Sousa, T.; Couceiro, M.; Dias, G. Comparative analysis of the performance of the winning teams of the handball world championship: Senior and junior levels. *Int. J. Sports Sci.* **2018**, *8*, 43–49.
3. Karastergios, A.; Skandalis, V.; Zapartidis, I.; Hatzimanouil, D. Determination of technical actions that differentiate winning from losing teams in woman's handball. *J. Phys. Educ. Sport* **2017**, *17*, 1966–1969.
4. Marques, M.C.; Saavedra, F.J.; Abrantes, C.; Aidar, F.J. Associations Between Rate of Force Development Metrics and Throwing Velocity in Elite Team Handball Players: A Short Research Report. *J. Hum. Kinet.* **2011**, *29*, 53–57.
5. Van den Tillaar, R.; Ettema, G. Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Percept. Mot. Ski.* **2003**, *97*, 731–742.
6. Gorostiaga, E.M.; Granados, C.; Ibañez, J.; Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int. J. Sports Med.* **2005**, *26*, 225–232.

7. Marques, M.C.; Van Den Tillaar, R.; Vescovi, J.D.; González-Badillo, J.J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2007**, *2*, 414–422.
8. Raeder, C.; Fernandez-Fernandez, J.; Ferrauti, A. Effects of six weeks of medicine ball training on throwing velocity, throwing precision, and isokinetic strength of shoulder rotators in female handball players. *J. Strength Cond. Res.* **2015**, *29*, 1904–1914.
9. Wagner, H.; Pfusterschmied, J.; Tilp, M.; Landlinger, J.; von Duvillard, S.P.; Müller, E. Upper-body kinematics in team-handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scand. J. Med. Sci. Sport* **2014**, *24*, 345–354.
10. Rivilla, J.; Martínez, I.; Grande, I.; Sampedro, J. Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *J. Hum. Sport Exerc.* **2011**, *6*, 414–426.
11. Debanne, T.; Laffaye, G. Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *J. Sports Sci.* **2011**, *29*, 705–713.
12. Saavedra, J.M.; Kristjánisdóttir, H.; Einarsson, I.P.; Guðmundsdóttir, M.L.; Þorgeirsson, S.; Stefansson, A. Anthropometric characteristics, physical fitness, and throwing velocity in elite women's handball teams. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *32*, 2294–2301.
13. Karaba Jakovljevic, D.; Jovanovic, G.; Eric, M.; Klasnja, A.; Slavic, D.; Lukac, D. Anthropometric characteristics, physical fitness and the prediction of throwing velocity in handball men young players. *Med. Pregl.* **2016**, *69*, 267–273.
14. Vila, H.; Ferragut, C. Throwing speed in team handball: A systematic review. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2019**, *19*, 724–736.
15. Jimenez-Olmedo, J.M.; Penichet-Tomas, A.; Ortega Becerra, M.; Pueo, B.; Espina-Agullo, J.J. Relationships between anthropometric parameters and overarm throw in elite beach handball. *Hum. Mov.* **2019**, *20*, 16–24.
16. Skoufas, D.; Kotzamanidis, C.; Hatzikotoulas, K.; Bebetis, G.; Patikas, D. The relationship between the anthropometric variables and the throwing handball performance. *J. Hum. Mov. Stud.* **2003**, *45*, 469–484.
17. Fernández, J.J.; Suárez, H.V.; Rodríguez-Guisado, F. Modelo de estudio de la estructura condicional a través de un análisis multivariante enfocado a la detección de talentos en jugadores de balonmano. *Eur. J. Hum. Mov.* **2004**, *12*, 169–185.
18. Visnapuu, M.; Jürimäe, T. Relations of anthropometric parameters with scores on basic and specific motor tasks in young handball players. *Percept. Mot. Ski.* **2009**, *108*, 670–676.
19. Matthys, S.P.J.; Vaeyens, R.; Vandendriessche, J.; Vandorpe, B.; Pion, J.; Coutts, A.J.; Lenoir, M.; Philippaerts, R.M. A multidisciplinary identification model for youth handball. *Eur. J. Sport Sci.* **2011**, *11*, 355–363.
20. Van den Tillaar, R.; Ettema, G. Effect of body size and gender in overarm throwing performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2004**, *91*, 413–418.
21. García, J.A.; Sabido, R.; Barbado, D.; Moreno, F.J. Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to instruction. *Eur. J. Sport Sci.* **2013**, *13*, 149–154.
22. Andersen, V.; Fimland, M.S.; Cumming, K.T.; Vraalsen, Ø.; Saeterbakken, A.H. Explosive resistance training using elastic bands in young female team handball players. *Sports Med. Int. Open* **2018**, *2*, 171–178.

23. Saavedra, J.M.; Halldórsson, K.; Kristjánsdóttir, H.; Þorgeirsson, S.; Sveinsson, G. Anthropometric characteristics, physical fitness, and throwing velocity in elite women's handball teams. *Kinesiology* **2019**, *51*, 253–260.
24. Hermassi, S.; Ghaith, A.; Schwesig, R.; Shephard, R.J.; Chelly, S.M. Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. Balsalobre-Fernández C, editor. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0214827.
25. Fieseler, G.; Hermassi, S.; Hoffmeyer, B.; Schulze, S.; Irlenbusch, L.; Bartels, T.; Delank, K.-S.; Laudner, K.G.; Schwesig, R. Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2017**, *57*, 985–992.
26. Ferrari, W.; Dos Santos, J.V.; Vaz, V. Offensive process analysis in handball: Identification of game actions that differentiate winning from losing teams. *Am. J. Sport Sci.* **2014**, *2*, 92–96.
27. International Handball Federation. *Rules of the Game*; International Handball Federation (IHF): Basel, Switzerland, 2016.
28. Stewart, A.; Marfell-Jones, M.; Olds, T.; De Ridder, H. *International Standards for Anthropometric Assessment (ISAK)*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Wellington, New Zealand, 2011.
29. Becerra, M.O.; Espina-Agulló, J.J.; Pueo, B.; Jiménez-Olmedo, J.M.; Penichet-Tomás, A.; Sellés-Pérez, S. Anthropometric profile and performance indicators in female elite beach handball players. *J. Phys. Educ. Sport* **2018**, *18*, 1155–1160.
30. Mohanty, S.P.; Babu, S.S.; Nair, N.S. The use of arm span as a predictor of height: A study of South Indian women. *J. Orthop. Surg.* **2001**, *9*, 19–23.
31. Nuño, A.; Chiroso, I.J.; Van Den Tillaar, R.; Guisado, R.; Martín, I.; Martínez, I.; Chiroso, L.J. Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *J. Hum. Kinet.* **2016**, *54*, 103–113.
32. Baumgartner, T.A.; Chung, H. Confidence limits for intraclass reliability coefficients. *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci.* **2001**, *5*, 179–188.
33. Hopkins, W.; Marshall, S.; Batterham, A.; Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sport Exerc.* **2009**, *41*, 3.
34. Faul, F.; Erdfelder, E.; Lang, A.-G.; Buchner, A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods* **2007**, *39*, 175–191.
35. Faul, F.; Erdfelder, E.; Buchner, A.; Lang, A.-G. Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav. Res. Methods* **2009**, *41*, 1149–1160.
36. Hammami, R.; Sekulic, D.; Selmi, M.A.; Fadhloun, M.; Spasic, M.; Uljevic, O.; Chaouachi, A. Analysis of maturity status as a determinant of the relationships between conditioning capacities and pre-planned agility in young handball athletes. *J. Strength Cond. Res.* **2017**, *32*, 1.
37. Ingebrigtsen, J.; Jeffreys, I.; Rodahl, S. Physical characteristics and abilities of junior elite male and female handball players. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 302–329.
38. Schwesig, R.; Hermassi, S.; Fieseler, G.; Irlenbusch, L.; Noack, F.; Delank, K.-S.; Shephard, R.J.; Chelly, M.-S. Anthropometric and physical performance characteristics of professional handball players: Influence of playing position and competitive level. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2017**, *57*, 1471–1478.

39. Hermassi, S.; Chelly, M.S.; Bragazzi, N.L.; Shephard, R.J.; Schwesig, R. In-season weightlifting training exercise in healthy male handball players: Effects on body composition, muscle volume, maximal strength, and ball-throwing velocity. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 4520.
40. Vandendriessche, J.B.; Vaeyens, R.; Vandorpe, B.; Lenoir, M.; Lefevre, J.; Philippaerts, R.M. Biological maturation, morphology, fitness, and motor coordination as part of a selection strategy in the search for international youth soccer players (age 15–16 years). *J. Sports Sci.* **2012**, *30*, 1695–1703.
41. Van den Tillaar, R.; Ettema, G. A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm throwing. *Percept. Mot. Ski.* **2006**, *103*, 503–514.
42. Laffaye, G.; Debanne, T.; Choukou, A.M. Is the ball velocity dependent on expertise? A multidimensional study in handball. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2012**, *12*, 629–642.
43. Skoufas, D.; Stefanidis, P.; Michailidis, C.; Hatzikotoulas, K.; Kotzamanidou, M.; Bassa, E. The effect of handball training with underweighted balls on the throwing velocity of novice handball players. *J. Hum. Mov. Stud.* **2003**, *44*, 157–171.
44. Zapartidis, I.; Palamas, A.; Papa, M.; Tsakalou, L.; Kotsampouikidou, Z. Relationship among anthropometric characteristics, handgrip strength and throwing velocity in adolescent handball players. *J. Phys. Educ. Sport MaFnag.* **2016**, *3*, 127–139.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Estudio 2. Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball

Jaime Tuquet ¹, Demetrio Lozano ^{1,*}, Antonio Antunez ², Juan Larroy ¹
and Elena Mainer-Pardos ¹

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, (Zaragoza), Spain; jtuquet@usj.es (J.T.); epardos@usj.es (E.P.); dlozano@usj.es (D.L.)

² Universidad de Extremadura, Av. de Elvas, s/n, 06006 Badajoz, Spain; antunez@unex.es

Sustainability

DOI: 10.3390/su131910913

Article

Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball

Jaime Tuquet ¹, Demetrio Lozano ^{1,*}, Antonio Antunez ², Juan Larroy ¹ and Elena Mainer-Pardos ¹

Citation: Tuquet, J.; Lozano, D.; Antunez, A.; Larroy, J.; Mainer-Pardos, E. Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball. *Sustainability* **2021**, *13*, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Academic Editor:

Received: date
Accepted: date
Published: date

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, (Zaragoza), Spain; jtuquet@usj.es (J.T.); epardos@usj.es (E.P.); dlozano@usj.es (D.L.)

² Universidad de Extremadura, Av. de Elvas, s/n, 06006 Badajoz, Spain; antunez@unex.es

* Correspondence: dlozano@usj.es; Tel.: +(34)-976-060-100

Abstract: The aims of this study were to define determinant factors for throwing to handball goal, and to study the effectiveness of the throwing action and its relation with different factors during its performance, such as the throwing distance, type of arm build, type of throw, if it is done during jumping or support, the last supporting foot and the previous steps cycle, as well as the relation with the final score of the game in elite male handball competitions. A total of 1049 shots from twenty-four matches of the 2018/19/20 international Men's Handball Championship were analysed. The results show what distance is relevant in the effectiveness of the throwing, setting the built up, the throwing in support or jump, the type of throwing, the type of steps cycle used and the supporting foot. This seems to indicate that the determining factor of the throw is the distance.

Keywords: sports performance, notational analysis, throwing efficiency, teams sports.

1. Introduction

The throwing to goal in handball is defined as the most important action for success [1]. The determinant factors analysis of the handball throwing is focused in variables such as: distance, throwing zone, type, angle or position and the result or final effectiveness of the total quantity of actions [2–4] or factors of vital importance in the result of the throwing such as speed and accuracy [5–10]. In this line, recent researches show that less throwing distance predetermines the effectiveness [2,7,11]. In addition to anthropometric characteristics and throwing velocity [12] and technical-tactical skills are also important for successful participation at the elite level handball [13]. In addition, various articles used the throwing variables of throwing as discriminant elements between the winning and losing teams [14–18].

The notational analysis allows us, from an ecological view, on the competition analysis [19,20]. In addition, is necessary to understand the behaviour in these clashes

like the interaction of dynamic and complex systems, that require the analysis of both individual and collective decision making, considering the context [21–23]. For this reason, many articles focus on match analysis in handball [8,24–26].

The determinant factors of the competition throwing are very important to focus the technical learning process on the handball beginning. Therefore, we must answer the needs of the coach to know which are the factors of performance of throw in elite handball. Given this context, the aims of the present study were to define determinant factors for throwing to handball goal, and to study the effectiveness of the throwing action and its relation with different factors during its performance, such as the throwing distance, type of arm build, type of throw, if it is done during jumping or support, the last supporting foot and the previous steps cycle, as well as the relation with the final score of the game in elite male handball competitions.

2. Materials and Methods

The observational methodology enables the data collection directly from the participants on the competition (notational analysis) [20], as of the analysis of recordings and sequences of the technical-tactic actions of the game in collective sports and its result (match analysis) [24]. The ethic and deontology principles have met in relation to the participants in the research as well as the management of the data obtained according to the ethical principles of Helsinki 2016 declaration and approved by the Ethics Committee of CEIC Aragón (CEICA) nº 10/2021.

2.1. Participants

The sample is composed of male elite national teams of the European Championship of 2018, World Championship 2019 and Europe Championship 2020. The teams classified between the first and the fourth were selected. We observed 12 matches. We researched 24 team analyzes in the finals, semi-finals and third and fourth place matches. A total of 180 players (mean age: 27.57 ± 4.3 years; body weight: 86.6 ± 9.9 kg; body height: 1.90 ± 12.2 m; training experience: 10.1 years; training work: 23.5 hours per week).

2.2. Instruments

To analyze the determinant factors in the elite handball throw an ad hoc observation system was designed [27]. It was composed of eight variables and 28 multidimensional categories (Table 1). The computerization of the registry has been done by the free and versatile *software* Lince v.1.0. [28]. This program contributes to computerized monitoring procedures that speed up the registry process [29].

Table 1. Variables and descriptions.

Variable	Description
Distance	- Six metres zone (6m): Throw done with the last contact of the player out of the six metres and falling inside and/or invading the air space of the six metres area.
	- Middle zone (6-9m): Throw done with the last contact of the player that performs the action in the middle zone set between the six and nine metres area, without invading the air space of six metres.
	- Nine metres zone (9m): Throw done with the last contact of the player out of the nine metres zone and falling inside or outside this area.
	- Seven metres zone (7m): Throw done in regulatory action of seven metres.
	- Middle field zone (1/2): Throw done with the last contact of the player in its own middle field.
Arm positions	- Overarm throw: Throw done with the arm above the head.
	- Hip throw: Throw done with the arm at the height of the waist on the throwing arm side.
	- Rectified: Throw done with the arm leaning to the opposite side of the throwing arm.
	- Back throw: Throw done with his back towards the goal.
	- Low throw: Throw done with the hand below the knee.

	-	Front: Throw done without overarm.
Jump/Stand	-	Jump throw: Throw done in the air phase of the jump when the player is not in contact with the ground
	-	Stand throw: Throw done when the player is in contact with one of his feet on the ground
Type of throw	-	Speed throw: Any other type of throwing that is not considered as skill throwing.
	-	Skill throw: The player uses some resource of high-level tech like a screw (throwing with effect), a topspin throwing (throwing in which the ball on its air path changes its speed) and parabolic throwing.
Steps cycle	-	Zero step: Throwing without using any step from the steps cycle.
	-	One step: Throwing done after taking a step.
	-	Two steps: Throwing done after taking two steps.
	-	Three steps: Throwing done after taking three steps.
	-	Flying: Throw done when catch the ball in the air and throws it before it touches the ground.
Foot	-	More than three steps: Throw done with more than three steps without being disciplined this regulatory violation.
	-	Natural: Throw done with the last contact of the player with the floor it done with the opposite foot beside the executing arm.
	-	Changed: Throw done with the last contact of the player with the ground, prior to the throwing it done with the foot of the same side of the executing arm.
	-	Two feet: Throw done with the last contact of the player with the ground, prior to the throwing, it is done with both feet simultaneously.
Results	-	Goal: Throwing that is granted by the referees as a goal by exceeding the net line.
	-	Out: Throwing that is not touched by any player of the rival team ends out of the net or hits the bars without being a goal.
	-	Blocked: If the goalkeeper prevents that the throwing ends up in goal.
	-	Defence: Contact / Action of the defender on the ball throw.

2.3. Data validation

The validation instrument was validated by an expert panel formed by three sports sciences graduates and handball national coaches with a research experience in observational methodology [30]. A training of observers was done thanks to the built of an observation manual in which variables were defined and the observational process codes [31]. All the analysis were done in a 30-day period using the same tool and in the same space. Two randomly chosen matches were analysed, calculating the intra-observer internal consistency and reliability (at two different times) and inter-observer internal consistency and reliability. The internal consistency and the reliability thresholds, between 0 and 1 [32], were set at: for α (internal consistency), <0.50 unacceptable, $0.51-0.60$ poor, $0.61-0.70$ questionable, $0.71-0.80$ acceptable, $0.81-0.90$ good, and ≥ 0.91 excellent [33]; for ICC (reliability), ≤ 0.50 poor, $0.51-0.75$ moderate, $0.76-0.90$ good, and ≥ 0.91 excellent [34]; and for κ (reliability) <0.01 no agreement, $0.01-0.20$ poor, $0.21-0.40$ discrete/regular, $0.41-0.60$ moderate, $0.61-0.80$ good, and $0.81-1.00$ very good [35]. The validation showed the internal consistency and reliability of the intra-observer means 0.86 and inter-observer means 0.91. Both can be considered good and very good.

2.4. Statistical Analysis

Basic statistical descriptors (frequency and percentages) were calculated for each game-related statistic by match outcome (winning and losing teams). Normality was calculated for each variable using the Kolmogorov-Smirnov test. For the differences between winning/losing teams, ANOVA (one factor) test was applied. Also, the chi-square test was used to examine the relation between the variables, where the direction of the relation was identified through standardized residuals corrected ($Z_{corrected}$). A p -value < 0.05 was considered to be statistically significant. The statistical analysis was performed with the software package SPSS version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Results

A total of 1049 throws have been registered (Table 2). The most frequent throws were from 6 metres (44.7%). The most used throwing technique was the classic (93.2%).

Most of the throws were in jump (77.1%). Most of the throws were at the maximum possible ball speed (95.7%). The most frequent throw was made with two steps (31%). The total efficacy was 62.2%.

Table 2. Throwing frequency and percentage.

Throws variables		n	%	Throws variables		n	%
Match score	Winner	548	52.2%	Low		1	0.1%
	Loser	501	47.8%		Hip	52	5%
Distance	9m	236	22.5%	Overarm	Classic	978	93.2%
	6-9m	243	23.2%		In front	1	0.1%
	6m	469	44.7%		Back	4	0.4%
	7m	101	9.6%		Rectified	13	1.2%
Jump/support	Support	240	22.9%	Result	Block	46	4.4%
	Jump	809	77.1%		Out	94	9%
Type of throwing	Strong	1004	95.7%	Goal	653	62.2%	
	Skill	45	4.3%	Saves	256	24.4%	
Supporting foot	Changed	80	7.6%	Fly	10	1%	
	Two feed	69	6.6%	Cero	182	17.3%	
	Natural	900	85.8%	One	277	26.4%	
Result of throwing	Block	46	4.4%	Steps cycle	Two	325	31%
	Out	94	9%		Three	231	22%
	Goal	653	62.2%		+ Three	24	2.3%
	Saves	256	24.4%		Total	1049	100%

Note: m: metres.

Analysis of variance (one-factor ANOVA) variable of ranges and with a normal distribution (Table 3), did not show significant differences between the average of the different championships and the quantity of throwing (1.890 f; .176 sig) and its effectiveness (.542 f; .590 sig).

Table 3. Numbers of throwing and results by teams and match.

Competition	Score	Team	N° Throw	% Goal
European Championship 2018	29	Spain	48	58.3%
	23	Sweden	41	56.1%
	32	France	47	68.1%
	29	Denmark	47	61.7%
	23	France	40	57.5%

	27	Spain	43	62.8%
	34	Denmark	46	58.7%
	35	Sweden	58	60.3%
	22	Norway	44	50%
	31	Denmark	45	71.1%
	25	Germany	42	59.5%
World Championship 2019	26	France	46	54.3%
	38	Denmark	47	80.9%
	30	France	43	60.5%
	25	Norway	45	71.1%
	31	Germany	39	66.7%
	22	Spain	32	68.8%
	20	Croatia	31	64.5%
	20	Slovenia	40	50%
European Championship 2020	28	Norway	47	61.7%
	29	Croatia	49	59.2%
	28	Norway	49	57.1%
	34	Spain	41	68.2%
	32	Slovenia	39	69.2%
	□	28.04 ± 4.79	43.71 ± 5.5	
Anova (sig)	1.890 f (.542)		.176 f (.590)	

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

As of the analysis of chi-square test (table 4) 13 significant relationships were found ($p < 0.05$). The result of the throwing is related with distance (125.39, $p < .001$) and type of throwing (12.62, $p < .01$). In addition, distance was related with arm built (92.84, $p < .001$), jump-support (459.45, $p < .001$), type of throwing (62.01, $p < .001$), steps cycle (564.80, $p < .001$), supporting foot (26.91, $p < .001$) and match result (14.27, $p < .05$). Also, arm built is correlated to jump-support variable (71.69, $p < .001$) and supporting foot (33.49, $p < .01$). Jump-support variable is related with steps cycle (198.92, $p < .001$) and supporting foot (20.32, $p < .001$). Finally, supporting foot has correlation to steps cycle (56.74, $p < .001$).

Table 4. Pearson Chi-Square test between all variables.

χ^2	Distance	Overarm	Jump/support	Type of throwing	Steps cycle	Supporting foot
Result of throwing	125.39***			12.62**		
Distance		92.84***	459.45***	62.01***	564.80***	26.91***
Overarm			71.69***			33.49**

Jump/support	198.92***	20.32***
Steps cycle		56.74***
Match score	14.27*	

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

Between throwing result and distance exist a positive and negative correlation in most of the categories of each variable (table 5). Highlighting the significant relationships were found between result of throwing: block and 9m ($z = 6.5$); goal and 6m ($z = 5.7$); out and 9m ($z = 4$); save and 9m ($z = 3.9$); between hip arm position and 6.9 ($z = 7.9$); jump throw and 6m ($z = 13.8$); winner teams and middle field zone throw ($z = 2.9$).

Table 5. Residual z punctuations between throw distance and significant variables.

		Distance				
		½	9m	6-9m	6m	7m
Result of throwing	Block		6.5***	2.4*	-6.1***	-2.2*
	Goal	2*	-8.5***		5.7***	3.1**
	Out		4***		-2.7**	
	Save	-2.3*	3.9***			
Arm position	Low					
	Hip			7.9***	-6.5***	-2.3***
	Classic			-6.7***	4.5***	2.3***
	In front					
	Back				2.3	
	Rectified					
Jump/Support	Support	4.9***	-2*	3.8***	-13.8***	18.6***
	Jump	-4.9***	2*	-3.8***	13.8***	-18.6***
Type of throwing	Strong	-5.2***	3.7***	3.7***	-5***	
	Skill	5.2***	-3.7***	-3.7***	5***	
Match score	Winner	2.9**				
	Loser	-2.9**				

Note: m: metres; * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

In steps cycle analysis (table 6) outstands the high z score of the throwing from 7m and zero steps ($z = 22.4$) and support throwing with zero steps ($z = 14.0$).

Table 6. Residual z punctuations steps cycle and significant variables.

	Steps cycle					
	Fly	Zero	One	Two	Three	+Three

	½					
	9m		-5.6***		4.2***	
Distance	6-9m		5.9***			6*** 2.7**
	6m	3.0**	-3.7***	4***		-2*
	7m		22.4****	-6.2*	-6.9***	-5.5***
Type of throwing	Apoyo		14***	-3.2**	-4.7***	-3.5***
	Salto		-14***	3.2**	4.7***	3.5***

Note: m: metres; * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

5. Discussion

The aims of this research were to analyse determinant factors the throwing in handball, its effectiveness and its relation among the variables that defines the action on handball competitions of elite male category. It is framed in the studies of match analysis [24,37–39].

The results highlight that the effectiveness is predetermined by the throwing distance and the type of throwing. Equally, relations exist between the throwing distance and all the other variables.

Originally, we found relation between throwing distance and its result. Similarly, Avila (2018) [40], Blanco García (2012) [41] and Almeida, et al. (2019) [8] observed that throwing from six metres have a positive relation with the goal achievement, against the throwing from nine metres where that relation is negative [42].

Furthermore, significant relations have been identified with throwing distance and result of throwing. Throwing result, when performed from middle distance (9 metres) and between lines (6-9 metres) need to be strong, powerful so they can take by surprise the defensive action [1,43,44].

Equally, it is brought to light that relation between the throwing distance and type of throwing. This fact also is declared on other team sports [37–39,45]. On the other hand, the throw with the classic technique is the most used in throws of six metres. This allows for greater manoeuvrability and variability in launch location [46]. Furthermore, the throwing in jump is significantly more repeated and effective in nearby throwing. This is because the player has more time to observe the goalkeeper and make the right decision [47].

Steps cycle offers interesting positive relations with throwing distance. The use of step zero is found mainly on the throwing between lines (6-9 metres) searching for the surprise factor motivated by the closeness of defensive line. The nearby throwing (6 metres) requires a great manoeuvre speed in little space, that is why is commonly used with 1 step throwing. The two step throwing have a greater association in the distance throwing (9 metres) allowing a higher inertness to the throwing action by the tagging actions of the defensive line [48]. Steps cycle management training related to throwing is one of the actions that cannot be missed along the formation of handball player [43,44].

Therefore, it is important that handball coaches give importance to the variability of the throwing work.

5. Conclusions

In terms of the descriptive analysis from the last three years, in male selections championships, the quantity of throwing on semi-finals and finals, have a slight trend to reduce in comparison to the prior championship.

The relations observed on the research propose that the result of the throwing depends of the distance and type of throwing. The distance is relevant on most part of the throwing.

Therefore, the search for effectiveness at the end of the actions motivates teams to guide their training sessions to optimize the search for finishing situations close to the handball goal. It is important to increase the training time for throwing in handball to improve throw variability.

A correct approach in the learning process is key on the handball player teachings. The skill to take advantage the dynamic richness that the dominations of the steps cycle offer, as an essential feature of handball to finish with effectiveness a throwing action, is an unavoidable aspect to reach the highest offensive performance in handball.

Author Contributions: Conceptualization, J.T. and D.L.; methodology, J.T., J.L. and D.L.; validation, J.T., J.L. and E.M-P.; formal analysis, D.L. and A.A.; investigation, D.L. and A.A.; data curation, J.T. and E.M-P; writing—original draft preparation, J.T.; writing—review and editing, J.L., E.M-P, A.A. and D.L.; supervision, E.M-P., J.T., A.A. and D.L.; project administration, D.L. and E.M-P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of CEIC Aragón (CEICA) nº 10/2021.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Granados, C.; Izquierdo, M.; Ibañez, J.; Bonnabau, H.; Gorostiaga, E.M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *Int. J. Sports Med.* **2007**, *28*, 860–867, doi:10.1055/s-2007-964989.
2. Ávila, F.M. Aplicación de un sistema observacional para el análisis del lanzamiento en balonmano en el Mundial de Francia 2001. *Apunt. Educ. física y Deport.* **2003**, 100–109.
3. Van den Tillaar, R.; Zondag, A.; Cabri, J. Comparing performance and kinematics of throwing with a circular and whip-like wind up by experienced handball players. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* **2013**, *23*, 373–380, doi:10.1111/sms.12091.
4. Wagner, H.; Buchecker, M.; Von Duvillard, S.P.; Müller, E. Kinematic comparison of team handball throwing with two different arm positions. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2010**, *5*, 469–483, doi:10.1123/ijsp.5.4.469.
5. García, J.A.; Sabido, R.; Barbado, D.; Moreno, F.J. Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to instruction. *Eur. J. Sport Sci.* **2013**, *13*, 149–154, doi:10.1080/17461391.2011.606835.
6. Jimenez-Olmedo, J.M.; Penichet-Tomas, A.; Ortega Becerra, M.; Pueo, B.;

- Espina-Agullo, J.J. Relationships between anthropometric parameters and overarm throw in elite beach handball. *Hum. Mov.* **2019**, *20*, 16–24, doi:10.5114/hm.2019.79394.
7. Van den Tillaar, R.; Ettema, G. Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Percept. Mot. Skills* **2003**, *97*, 731–742.
 8. Almeida, A.G.; Merlin, M.; Pinto, A.; Torres, R.D.S.; Cunha, S.A. Performance-level indicators of male elite handball teams. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2019**, *20*, 1–9, doi:10.1080/24748668.2019.1694305.
 9. Wagner, H.; Pfusterschmied, J.; von Duvillard, S.P.; Müller, E. Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *J. Sport. Sci. Med.* **2011**, *10*, 73–80.
 10. Wagner, H.; Pfusterschmied, J.; Tilp, M.; Landlinger, J.; von Duvillard, S.P.; Müller, E. Upper-body kinematics in team-handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* **2014**, *24*, 345–354, doi:10.1111/j.1600-0838.2012.01503.x.
 11. Aguilar-Martínez, D.; Chiroso, L.; Martín, I.; Cuadrado-Reyes, J. Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Rev. Int. Med. y Ciencias la Act. Física y del Deport.* **2012**, *12*, 729–744.
 12. Tuquet, J.; Zapardiel, J.C.; Saavedra, J.M.; Jaén-Carrillo, D.; Lozano, D. Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 7022, doi:https://doi.org/10.3390/ijerph17197022.
 13. Gorostiaga, E.M.; Granados, C.; Ibáñez, J.; Izquierdo, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int. J. Sports Med.* **2005**, *26*, 225–232, doi:10.1055/s-2004-820974.
 14. Marques, M.C.; van den Tillaar, R.; Vescovi, J.D.; Gonzalez-Badillo, J.J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2007**, *2*, 414–422, doi:10.1123/ijsp.2.4.414.
 15. Debanne, T.; Laffaye, G. Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *J. Sports Sci.* **2011**, *29*, 705–713, doi:10.1080/02640414.2011.552112.
 16. Ettema, G.; Gløsen, T.; Van Den Tillaar, R. Effect of Specific Resistance Training on Overarm Throwing Performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2008**, *3*, 164–175, doi:10.1123/ijsp.3.2.164.
 17. Ferrari, W.R.; Dos Santos, J.V.; Vaz, V.P.S. Offensive process analysis in handball: Identification of game actions that differentiate winning from losing teams. *Am. J. Sport. Sci.* **2014**, *2*, 92–96.
 18. Ferrari, W.; Vaz, V.; Sousa, T.; Couceiro, M.; Dias, G. Comparative analysis of the performance of the winning teams of the handball world championship: senior and junior levels. *Int. J. Sport. Sci.* **2018**, *8*, 43–49,

- doi:10.5923/j.sports.20180802.01.
19. Vilar, L.L.; Araujo, D.; Davids, K.; Button, C. The Role of Ecological Dynamics in Analysing Performance in Team Sports. *Sport. Med.* **2012**, doi:10.2165/11596520-000000000-00000.
 20. Anguera, M.T.; Hernández-Mendo, A. Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Rev. Psicol. del Deport.* **2014**, *23*, 103–109.
 21. Ortín, F.J.; Olmedilla, A. La utilización de registros para la mejora del comportamiento táctico en deportistas de equipo. *Rev. Psicol. del Deport.* **2003**, *12*, 95–105.
 22. Travassos, B.; Gonçalves, B.; Marcelino, R.; Monteiro, R.; Sampaio, J. How perceiving additional targets modifies teams' tactical behavior during football small-sided games. *Hum. Mov. Sci.* **2014**, *38*, doi:10.1016/j.humov.2014.10.005.
 23. Araújo, D.; Davids, K. Team synergies in sport: Theory and measures. *Front. Psychol.* **2016**, *7*, doi:10.3389/fpsyg.2016.01449.
 24. Ávila, F.M.; Chiroso, L.J.; Ureña, A.; Lozano, D.; Ulloa, D. Evaluation of tactical performance in invasion team sports: a systematic review. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2018**, *8668*, 1–22, doi:10.1080/24748668.2018.1460054.
 25. Marques, M.C.M.C.; Van Den Tillaar, R.; Vescovi, J.D.; González-Badillo, J.J.; van den Tilaar, R.; Vescovi, J.D.; Gonzalez-Badillo, J.J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2007**, *2*, 414–422, doi:10.1123/ijsp.2.4.414.
 26. Saavedra, J.M.; Pic, M.; Lozano, D.; Tella, V. The predictive power of game-related statistics for the final result under the rule changes introduced in the men's world water polo championship : a classification-tree approach. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2019**, *00*, 1–11, doi:10.1080/24748668.2019.1699767.
 27. Anguera, M.T.; Hernández-Mendo, A. Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Rev. Psicol. del Deport.* **2014**, *23*, 103-109.
 28. Gabin, B.; Camerino, O.; Anguera, M.T.; Castañer, M. Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social Behav. Sci.* **2012**, *46*, 4692–4694.
 29. Hernández-Mendo, A.; Castellano, J.; Camerino, O.; Jonsson, G.; Blanco-Villaseñor, Á.; Lopes, A.; Anguera, M.T. Programas informáticos de registro, control de calidad del dato, y análisis de datos. *Rev. Psicol. del Deport.* **2014**, *23*, 111–121.
 30. Blanco-Villaseñor, Á.; Lopez-Losada, J.; Anguera, M. Data analysis techniques in observational designs applied to the environment-behaviour relation. *Medio Ambient. y Comport. Hum.* **2003**, *4*, 111–126.
 31. Fernández, J.; Camerino, O.; Anguera, M.T.; Jonsson, G.K.; Fernandez, J.; Camerino, O.; Anguera, M.T.; Jonsson, G.K.; Fernández, J.; Camerino, O.; et al. Identifying and analyzing the construction and effectiveness of offensive plays in basketball by using systematic observation. *Behav. Res. Methods* **2009**, *41*, 719–

- 730, doi:10.3758/BRM.41.3.719.
32. Peterson, R.A.; Kim, Y. On the relationship between coefficient alpha and composite reliability. *J. Appl. Psychol.* **2013**, *98*, 194–198, doi:doi:10.1037/a0030767.
 33. George, D.; Mallery, P. *IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference*; Routledge, 2019; ISBN 0429616325.
 34. Koo, T.K.; Li, M.Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J. Chiropr. Med.* **2016**, *15*, 155–163, doi:10.1016/j.jcm.2016.02.012.
 35. Landis, J.R.; Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* **1977**, *33*, 159–174, doi:https://doi.org/10.2307/2529310.
 36. Allison, P.D.; Liker, J.K. Analyzing sequential categorical data on dyadic interaction: A comment on Gottman. *Psychol. Bull.* **1982**, *91*, 393–403, doi:10.1037/0033-2909.91.2.393.
 37. Drezner, R.; Lamas, L.; Farias, C.; Barrera, J.; Dantas, L. A method for classifying and evaluating the efficiency of offensive playing styles in soccer. *J. Phys. Educ. Sport* **2020**, *20*, 1284–1294.
 38. Castellano, J.; Casamichana, D.; Lago, C. The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *J. Hum. Kinet.* **2012**, *31*, 139–147, doi:10.2478/v10078-012-0015-7.
 39. Gómez, M.A.; Lago-Peñas, C.; Viaño, J.; González-García, I. Effects of game location, team quality and final outcome on game-related statistics in professional handball close games. *Kinesiology* **2014**, *2*, 249–257.
 40. Ávila-moreno, F.M.; Chiroso-ríos, L.J.; Ureña-, A.; Lozano-jarque, D.; Ulloa-díaz, D. Evaluation of tactical performance in invasion team sports : a systematic review. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **2018**, *8668*, 1–22, doi:10.1080/24748668.2018.1460054.
 41. Blanco García, P. The observational analysis of performance in the handbalís throwing of the Spanish promises selection. *E-balonmano.com J. Sport. Sci.* **2012**, *8*, 83–92.
 42. Antúnez, A.; Ureña, V.; Velandrino, A.; García-Parra, M. Valoración de la efectividad de interceptación com éxito de la portera de balonmano ante el lanzamiento trás la aplicación de un programa perceptivo-motor. *Rev. Int. Cienc. Deporte* **2004**, *4*, 192–203.
 43. Rivilla, J.; Martínez, I.; Grande, I.; Sampredo-Molinuevo, J. Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *J. Hum. Sport Exerc.* **2011**, *6*, 414–426, doi:10.4100/jhse.2011.62.22.
 44. Zapardiel, J.C.; Vila Suárez, H.; Manchado, C.; Rivilla García, J.; van den Tillaar, R. Effect of opposition and effectiveness of throwing from first and second line in male elite handball during competition. *Kinesiol. Slov.* **2019**, *25*,

- 35–44.
45. Ibáñez, S.; Feu, S.; García, J.; Parejo, I.; Cañadas, M. Shot differences between professional (ACB) and amateur (EBA) basketball teams. Multifactorial study. *Rev. Psicol. del Deport.* **2009**, *18*, 313–317.
 46. Gutiérrez-Dávila, M.; Ortega-Becerra, M.; Párraga, J.; Campos, J.; Rojas, J. Variabilidad de la secuencia temporal de la cadena cinética en el lanzamiento en balonmano. *Rev. Int. Med. y Ciencias la Act. Física y del Deport.* **2011**, *11*, 455–471.
 47. Carbonell, V.; Fontaina, S.; Ramírez, A.G. Estudio de las acciones técnico-tácticas realizadas por los porteros de balonmano ante los lanzamientos de pivote. *E-balonmano.com J. Sport. Sci.* **2018**, *14*, 1–8.
 48. Lozano, D.; Camerino, O.; Hileo, R. Interacción dinámica ofensiva en balonmano de alto rendimiento. *Apunt. Educ. Fis. y Deport.* **2016**, 90–110, doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/3).125.08.

**Estudio 3. Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing
in Competition in Men's Elite Handball**

Jaime Tuquet ¹, Antonio Cartón ¹, Luis A. Marco-Contreras ¹, Elena
Mainer-Pardos ^{1*} and Demetrio Lozano ¹

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain;
jtuquet@usj.es (J.T.); acarton@usj.es (A.C.); dlozano@usj.es (D.L.)

Sustainability

DOI: 10.3390/su14095291

Article

Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball

Jaime Tuquet ¹, Antonio Cartón ¹, Luis A. Marco-Contreras ¹, Elena Mainer-Pardos ^{1*} and Demetrio Lozano ¹

Citation: Tuquet, J.; Cartón, A.;

Marco-Contreras, L.A.;

Mainer-Pardos, E.; Lozano, D.

Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball.

Sustainability 2022, 14, 5291. <https://doi.org/10.3390/su14095291>

Academic Editors: Marc A. Rosen and Antonio Hernández-Mendo

Received: 20 February 2022

Accepted: 26 April 2022

Published: 27 April 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

¹ Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain; jtuquet@usj.es (J.T.); acarton@usj.es (A.C.); dlozano@usj.es (D.L.)

* Correspondence: epardos@usj.es (E.M.-P.); Tel.: +34-976-060-100

Abstract: The aim of this article was to analyse the step cycle that precede the throwing action in elite men's handball and its relationship with different factors such as throwing distance, throwing technics, throw speed, whether it occurs in jump or standing, the last step and efficiency. Twenty-four complete matches were analysed, with a total of 1013 throws in three international elite men's handball championships. The results show that the most used step cycle is the one performed with two steps. There is a significant relationship between the step cycle and the throw distance, with two-step throws being the most used from outside 9 metres (29.8%, $p < 0.001$), three-step throws at a distance between 6-9 meters (35.9%, $p < 0.001$), and 6 metres and zero and one-step throws from 6 metres (30.5%, $p < 0.001$). Likewise, the last step with the natural being the most used (93.7%, $p < 0.001$) with a complete cycle of steps, false foot with more than three steps (27.3%, $p < 0.001$) and two feet with zero steps (12.6%, $p < 0.001$). In conclusion, the skill to take advantage of the dynamic improvement offered by the mastery of the step cycle, adapting to the different situations of the game, could be an essential characteristic of the player to effectively complete the throwing action.

Keywords: sport performance; throwing efficiency; technical; step cycle; team sport.

1. Introduction

Handball is an Olympic team sport with wide repercussions around the world. This sport is characterized by intermittent high intensity actions, the speed of attack-defense changes during the game, a great variety of offensive and defensive technical actions, as well as complex tactical schemes [1]. This sport is integrated within the cooperation teams sports with common space, understanding cooperation as the use of different technical and tactical means for the achievement of a common purpose, scoring a goal. On the other hand, opposition is the aim of the team to avoid the opponent's scoring a goal [2, 3]. According to this approach, the observational methodology has been frequently used to analyze the most important performance factors in handball [4-6].

In this context, throwing a ball is defined as the most important action for the achievement of scoring a goal in handball allowing a successful offensive phase [7-9]. Furthermore, throwing effectiveness is predetermined by other factors such as throwing distance, which in turn is conditioned by other prior factor like the step cycle [6].

Handball-specific throws, unlike those from other disciplines such as baseball or cricket, are characterized by a previous movement limited to a maximum of three steps, which actually are the most common throws in handball competitions [10-13]. For some authors, the three-step throwing cycle seems to be the most appropriate because of the high number of preparatory movements needed to coordinate the body segments and apply the most power to the end of the throwing chain. Moreover, these studies have proven better outcomes for the three-steps cycle and a good reliability over time [14, 15].

Studies indicate that at professional national levels the full step cycle, with 3 previous steps, is the most used [16-18]. However, in the modern international handball, the mobility of the defense players is continuously increasing, leading to more open defensive systems, and positioning the attacking players further away from the goal area than in traditional handball defenses. Consequently, they do not give the thrower too much time to prepare the movement [16, 19, 20]. Therefore, some authors highlight the importance of mastering the technical-tactical resources of handball to succeed in competition [6, 21-24].

Given the substantial changes in rules enabled the simple practicality of playing with an extra player and an empty goal. The tactical systems have varied greatly. in recent years, and offensive players have had to quickly adapt their technical-tactical background to maintain their levels of effectiveness in the game [22]. Therefore, our hypothesis is that the duration of the step cycle prior to the throw will be conditioned by the throwing distance. The aim of this study was to analyse the pre-throw step cycle in elite men's handball, as well as the relationship with criteria and category such as efficiency, throw distance, throw type, throwing technics, last supporting foot and final match result in elite men's handball competitions.

2. Materials and Methods

The observational methodology allows us to collect data directly from the participants in competition [25]. Participants were informed of the purpose of the study and signed an informed consent following. These matches were videotaped at all times. The recordings and sequencing of shots from each match were analysed (match analysis) [22]. Observational and descriptive studies (ODS) [22] validate the observational design that combines three dichotomous axes: nomothetic (plurality), single point of observation and multidimensional, which helps to separate the basic ways of analysing observational data [26, 27]. The guidelines on ethical issues in human subject's research in the Belmont Report (Emanuel d et al., 2008) describing basic ethical principles and guidelines have been followed. According to the guidelines, images of public behaviour can be used for research without the informed consent of the athletes. The ethical and deontological principles have been complied in relation to the people participating in the study and the handling of the data obtained in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki. Having the favourable opinion of the Research Ethics Committee of the Autonomous Community of Aragon in its act No. 10/2021.

Participants

The sample is composed of the men's national teams of the European Championship 2018, World Championship 2019 and European Championship 2020 ranked first to fourth finalists (Table 1). These championships were analysed because they are fully

representative of the elite teams in men's handball. We observed 12 matches, 24 clashes analysed. A total of 174 players were analysed (mean age: 26.98 ± 5.2 years; body weight: 89.9 ± 7.9 kg; height: 1.91 ± 0.84 m; training experience: 11.8 years; training work: 20 h per week). All throws from all matches were analysed.

Table 1. Participants.

Championship	Match		Phase
ECh2018	Denmark	Sweden	½ final
	France	Spain	½ final
	France	Denmark	3°-4°
	Spain	Sweden	Final
WCh2019	Germany	Norway	½ final
	Denmark	France	½ final
	Germany	France	3°-4°
	Norway	Denmark	Final
ECh2020	Norway	Croatia	½ final
	Spain	Slovenia	½ final
	Slovenia	Norway	3°-4°
	Spain	Croatia	Final

WCh: World Championship; ECh: European Championship.

Instruments

An observational method was used to validate the study data [28], and an ad hoc observation system [25] multidimensional was created. The recording instrument was the free and versatile software Lince v.1.0. [29]. This program provides computerized observation procedures that speed up the recording process [30].

The independent variable was the cycle of steps used in each visualized throw and the dependent variables were throw distance, throwing technics, throw height, throw speed, last foot, and throw result, listed in table 2.

Procedure

The observation instrument was validated by a panel of experts composed of 3 graduates in physical activity and sport sciences, national coaches and with research experience in observational methodology [31].

Two observers were trained thanks to the construction of an observation manual in which the criteria and category and codes of the observational process were defined[25]. All analyses were carried out over a period of 30 days using the same tool and in the same space. Data validity was achieved by calculating the degree of concordance or reliability of the observers' record using Cohen's Kappa index [32], which obtained a value of 0.80 for interobserver reliability and 0.89 for intraobserver reliability.

Table 2. Definition of throw indicators used in the study (Tuquet et al., 2020)

Criteria name	Category definition
Distance	-6-metre zone (6 m): Throw done with the last contact of the player out of the 6-metre zone ($\pm 45^\circ$ angle to the goal posts with the base line) and falling inside and/or invading the air space of the 6-metre area.
	-Middle zone (6–9 m): Throw done with the last contact of the player that performs the action in the middle zone set between the 6- and 9-metre area, without invading the air space of the 6-metre area.
	-9-metre zone (9 m): Throw done with the last contact of the player out of the 9-metre zone and falling inside or outside this area.
	-7-metre zone (7 m): Throw done in the regulatory action of 7-metres.
Throwing technics	Middle-field zone (1/2): Throw done with the last contact of the player in their own middle field.
	-Overarm throw: Throw done with the arm above the head.
	-Hip throw: Throw done with the arm at the height of the waist on the throwing arm side.
	Rectified: Throw done with the arm leaning to the opposite side of the throwing arm.
	-Back throw: Throw done with his back towards the goal.
Throw height	-Low throw: Throw done with the hand below the knee.
	-Front: Throw done without overarm.
	-Jump throw: Throw done in the air phase of the jump when the player is not in contact with the ground.
Throw speed	-Stand throw: Throw done when the player is in contact with the ground with one of his feet.
	-Speed throw: Any other type of throwing that is not considered as skill throwing.
Step cycle	-Skill throw: The player uses some sort of high-level technique such as a screw (throwing with effect), a topspin throw (a throw in which the ball in its air path changes its speed) and parabolic throwing.
	-Zero step: A throw without using any step from the step cycle.
	-One step: Throw done after taking a step.
	-Two steps: Throw done after taking two steps.
	-Three steps: Throw done after taking three steps.
Foot	-Flying: Throw done when the ball is caught in the air and thrown before it touches the ground.
	-More than three steps: Throw done with more than three steps without being disciplined for this regulatory violation.
	-Natural: Throw done with the last contact of the player with the floor being with the opposite foot beside the executing arm.
Foot	-Changed: Throw done with the last contact of the player with the ground being with the foot of the same side of the executing arm.
	-Two feet: Throw done with the last contact of the player with the ground being with both feet simultaneously.
	-Goal: A throw that is granted as a goal by the referees due to exceeding the net line.

	-Out: A throw that is not touched by any player of the rival team and ends out of the net or hits the bars without being a goal.
Results	-Blocked: A throw where the goalkeeper prevents the throw from ending up in the goal.
	-Defence: Contact/action of the defender on the ball throw.

Statistical analysis

Data were processed and presented using the IBM SPSS Statistics version 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY). Descriptive analysis was used to calculate the distribution of frequencies and percentages of the different criteria and category. The normality of the distribution of the data was checked using the Shapiro-Wilk test. Differences between groups (winners and losers) were examined using the analysis of variance (one-factor ANOVA). To explore these correlations further, the adjusted residuals or z-score test [33] was used with a significance level of $p < 0.05$ ($z \geq \pm 3.29$).

3. Results

The analysis of variance (one-factor ANOVA) of the normally distributed interval criteria found no significant differences (table 3) between the means of the different championships with respect to the number of throws (1.890 f; 0.176 sig) and their effectiveness (0.542 f; 0.590 sig).

Table 3. ANOVA and number of throws with result per team and match.

Competition	Match/Team	Score	Throw	Effectiveness
European Championship 2018	Spain	29	46	63.04%
	Sweden	23	39	58.97%
	France	32	45	71.11%
	Denmark	29	45	64.44%
	France	23	38	60.53%
	Spain	27	41	65.85%
	Denmark	34	45	75.56%
World Championship 2019	Sweden	35	56	62.50%
	Norway	22	42	52.38%
	Denmark	31	43	72.09%
	Germany	25	40	62.50%
	France	26	44	59.09%
	Denmark	38	48	79.17%
	France	30	41	73.17%
European Championship 2020	Germany	25	43	58.14%
	Norway	31	37	83.78%
	Spain	22	30	73.33%
	Croatia	20	29	68.97%
	Slovenia	20	38	52.63%
	Norway	28	45	62.22%
	Norway	28	47	59.57%
Croatia	29	47	61.70%	
Spain	34	43	79.07%	
Slovenia	32	41	78.05%	
ANOVA			1.890 f 0.176 sig	0.590 >0.05

In analysis of the step cycle and all study variables with frequency and percentage correlations (Table 4). The statistically significant correlation between throws from 7 meters with the fly step cycle (90%, $p < 0.01$) and zero step (30.5%, $p < 0.001$) and one step (54.8%, $p < 0.01$). Throws from a distance between 6 and 9 meters have a statistically significant relationship with cycles of three steps (35.9%, $p < 0.001$) and more than three steps (54%, $p < 0.01$). It should be noted that the 9 meters throws are correlated with the two-step throws (29.8%, $p < 0.001$). In the analysis of the correlations of the cycle of steps prior to the throw and the last foot of support, the statistically significant correlation between the throws made from a changed foot and the use of more than three steps (27.3%, $p < 0.001$) stands out. Equally, correlations were found between throws made with three steps and a natural foot last support (93.7%, $p < 0.001$), whereas zero step throws correlated with shooting with two feet throw at the same level (12.6%, $p < 0.001$).

Table 4. Frequency and percentage of the use of the step cycle and adjusted residuals or z-score between all study criteria

		Steps Cycle						
		Fly	Zero	One	Two	Three	More	Total
Distance	6 m	9 (90%)**	53 (30.5%***)	149 (54.8%)**	138 (44.2%)	86 (38.6%)	9 (40.9%)	444 (43.83%)
	7m	-	93 (53.4)	-	-	-	-	93 (9.18%)
	6-9m	1 (10%)	11 (6.3%)	53 (19.5%)	73 (23.4%)	80 (35.9%***)	12 (54%***)	229 (22.61%)
	9 m	-	11 (6.3%)	64 (23.5%)	93 (29.8%***)	53 (23.8%)	1 (4.5%)	223 (22.01%)
	½	-	6 (3.4%)	6 (2.2%)	8 (2.6)	4 (1.8%)	-	24 (2.37%)
Throwing technics	Hip	-	4 (2.3%)	16 (5.9%)	16 (5.1%)	13 (5.8%)	1 (4.5%)	50 (4.94%)
	Normal	10 (100%)	166 (95%)	254 (93.4%)	291 (93.3%)	207 (92.8%)	21 (95.5%)	949 (93.68%)
	Front	-	1 (.6%)	-	-	-	-	1 (.1%)
	Back	-	1 (.6%)	-	1 (.3)	1 (.4%)	-	3 (.3%)
	Torsion	-	2 (1.1%)	2 (.7%)	4 (1.3%)	2 (.9%)	-	10 (.99%)
Throw height	Jump	10 (100%)	111 (63.8%)	230 (84.6%)	46 (14.7%)	190 (85.2%)	4 (18.2%)	591 (58.34%)
	Step	-	63 (36.2)	42 (15.4%)	266 (85.3%)	33 (14.8%)	18 (81.8%)	422 (41.66%)
Throw speed	Fast	9 (90%)	165 (94.8)	257 (94.5%)	300 (96.2%)	219 (98.3%)	22 (100%)	972 (95.95%)
	Slow	1 (10%)	9 (5.2%)	15 (5.5%)	12 (3.8%)	4 (1.8%)	-	41 (4.05%)
Foot	False	-	7 (4%)	20 (7.4%)	35 (11.2%)	10 (4.5%)	6 (27.3%***)	78 (7.7)
	Two feet	2 (20%)	22 (12.6%***)	20 (7.4%)	17 (5.4%)	4 (1.85)	-	65 (6.42%)
	Natural	8 (80%)	145 (83.3%)	232 (85.3%)	260 (83.3%)	209 (93.7%***)	16 (72.7%)	870 (85.88%)
Result	Block	-	2 (1.1%)	12 (4.4%)	19 (6.1%)	10 (4.5%)	1 (9.1%)	44 (4.34%)
	Out	-	11 (6.3%)	22 (8.1%)	34 (10.9%)	21 (9.4%)	4 (18.2%)	92 (9.08%)
	Goal	9 (90%)	126 (72.4%)	166 (61%)	176 (56.4%)	141(63.2%)	13 (59.1%)	504 (49.75%)

Save	1 (10%)	35 (20.1%)	72 (26.5%)	83 (26.6%)	51 (22.9%)	3 (13.6%)	245 (24.19%)
Total	10 (.99%)	174 (17.18%)	272 (26.85%)	312 (30.8%)	223 (22.01)	22 (2.17%)	1013(100%)

m: metros; * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$.

6. Discussion

This research is focused on the context the line of the game process analysis specifically in action that can reach success in team sports [22, 34-36]. The aim of this study was to analyse the influence of the cycle of steps prior to throwing a ball in handball and its effectiveness, also the relationship between the variables that characterize the action in elite men's handball competitions.

The results show the use of different step cycles prior to the throwing of the ball are conditioned by the distance of this throwing and the last support foot used. This is due to the wide variety of situations that can occur during the game (fast break shots, outside shots, pivot shots, winger shots) [6].

Firstly, we found a relationship between the throwing distance and the results. Some studies found that throws from 6 meters were in a positive relationship in the success of scoring a goal [37, 38]. On the contrary, Antúnez et al. observed a negative relationship from 9 throwing meters [39].

Our results show that throwing distance determines the use of different step cycles. This may be due to the in-game difficulty of effectively throwing the ball beyond the 9-meters line. Interestingly, in this kind of throwing a technical execution with three steps appears to be too slow and defenders could easily defend and intercept the opponent's shots. On the contrary, throwing the ball with zero or one step gives less time for the goalkeepers and defenders to react, this would allow attackers to anticipate their movements and gain an advantage during the game [40]. However, this tactical approach usually results in longer shooting distances. It is worth noting that these results are in agreement with other studies, confirming that when the distance increases effectiveness and precision decrease [9, 24, 41]. Furthermore, the players who most commonly use a single step to throw the ball are those who throw from short distances, where impairments in the neuromuscular throwing chain are less damaging over performance and the little time to execute the throw seems to be the key factor.

Interestingly, the most common throwing step cycle when shooting between the lines (6-9 meters) was with a complete cycle of steps (three steps). This strategy seems to respond to the player's intention to get as close as possible to the opposing goal, rushing to score a goal and trying to avoid the goalkeeper's anticipated actions. This result is in accordance with the studies of Gutiérrez-Dávila et al. [42] and Carbonell et al. [40]. These results highlight important aspects to be considered by coaches, (i) throws between lines (6-9 meters) with a complete cycle of steps (three steps), (ii) throws from beyond the 9-meter line are mostly made with two steps iii) throws from the 6-meter line are mostly made with zero or one step.

As for limitations of the study, we can conclude that it is necessary to increase the sample size to have greater relevance in the factors analysed. Moreover, the analysis of contextual variables (championship phase, partial score, match result) could improve the consistency of the analysis model. Also, the type of competition includes matches in the final phase and matches in the group phase, in addition others based on the knockout stage that may have influenced the behaviour of the teams analysed.

Finally, there is a lack of studies that analyses the last support performed within the technical execution of the throwing of the ball. Our findings highlight the greater use of the natural foot support for the last step of the throwing, that is, the opposite foot to the

throwing arm. The explanation may be twofold, due to the laws of the game that only allows three steps before the throwing of the ball and in order to adopt an optimal throwing position [23]. In this direction, the natural foot support showed to be more effective than the non-natural one in each type of shooting analysed. Furthermore, in the present study, the relationship between the two-feet throw and the zero step throw appears to be a consequence of the greater influence of the game with the pivot player in current handball [43].

5. Conclusions

The conclusions derived from this study are the highest percentage of shots in handball are made with two steps prior to the shot, throws from beyond the 9-meter line are mostly made with two steps, throws between 6 and 9 meters are executed to a greater extent with a previous cycle of three steps and throws from the 6-meter line are mostly made with zero or one step. Also, most throws were executed with the full cycle of steps, three steps. It is performed with the last natural support foot.

For all this, it is important to propose a correct training process for the formation of the handball player, where the dynamic richness offered by mastery of the steps cycle is taken advantage of. The control of the step cycle is an essential characteristic to carry out the throwing action effectively. Coaches should propose exercises that modify the step cycle at all ages. Training throws from 9 meters with two steps is the optimal way to increase performance in handball.

References

1. Ibragimov, A. K.; Muxiddinovich, L. A., *Web of Scientist: International Scientific Research Journal* **2021**, 2, (4), 234-241.
2. Mancha-Triguero, D.; Baquero, B.; Ibáñez, S.; Antúnez, A., Impact of players' grouping on the design of handball training tasks. *Retos* **2022**, 43, 62-73.
3. Mendes, J. C.; Greco, P. J.; Ibáñez, S. J.; Nascimento, J. V., Construcción del modelo de juego en balonmano. *Pensar en Movimiento. Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud* **2021**, 19, (1).
4. Lozano, D.; Camerino, O.; Hileno, R., Análisis del comportamiento táctico ofensivo en momentos críticos de juego en el alto rendimiento en balonmano: Un estudio Mixed Methods. *Cuadernos de Psicología del Deporte* **2016**, 16, (1), 151-160.
5. Travassos, B.; Davids, K.; Araujo, D.; Esteves, P., Performance analysis in team sports: Advances from an Ecological Dynamics approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport* **2013**, 13, 89-95.
6. Tuquet, J.; Lozano, D.; Antunez, A.; Larroy, J.; Mainer-Pardos, E., Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball. *Sustainability* **2021**, 13, (19), 10913.
7. Bouagina, R.; Padulo, J.; Fray, A.; Larion, A.; Abidi, H.; Chtara, M.; Souhail Chelly, M.; Khalifa, R., Short-term in-season ballistic training improves power,

- muscle volume and throwing velocity in junior handball players. A randomized control trial. *Biology of Sport* **2021**, 415-427.
8. Debanne, T.; Laffaye, G., Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *J Sports Sci* **2011**, 29, (7), 705-13.
 9. Granados, C.; Izquierdo, M.; Ibanez, J.; Bonnabau, H.; Gorostiaga, E. M., Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *Int J Sports Med* **2007**, 28, (10), 860-7.
 10. Chelly, M. S.; Hermassi, S.; Shephard, R. J., Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* **2010**, 24, (6), 1480-7.
 11. Hermassi, S.; Ghaith, A.; Schwesig, R.; Shephard, R. J.; Souhail Chelly, M., Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PLoS One* **2019**, 14, (7), e0214827.
 12. Rousanoglou, E. N.; Noutsos, K. S.; Bayios, I. A.; Boudolos, K. D., Self-Paced and Temporally Constrained Throwing Performance by Team-Handball Experts and Novices without Foreknowledge of Target Position. *J Sports Sci Med* **2015**, 14, (1), 41-6.
 13. Spieszny, M.; Zubik, M., Modification of Strength Training Programs in Handball Players and its Influence on Power During the Competitive Period. *J Hum Kinet* **2018**, 63, 149-160.
 14. Rios, L. J. C.; Cuevas-Aburto, J.; Martinez-Garcia, D.; Ulloa-Diaz, D.; Ramirez, O. A. A.; Martin, I. M.; Ramos, A. G., Reliability of Throwing Velocity during Non-specific and Specific Handball Throwing Tests. *Int J Sports Med* **2021**, 42, (9), 825-832.
 15. Baştüre, E.; Stan, Z.; Rizescu, C.; Mihăilă, I.; Andronic, F., The Effect of Muscle Strength on the Capacity of Coordination in Handball. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **2014**, 137, 3-10.
 16. Burger, A.; Foretić, N.; Spasić, M.; Rogulj, N.; Papić, V., Handball jump shoot kinematics-differences between croatian elite and professional players. In *9th International Scientific Conference on Kinesiology*, 2021; Vol. 102.
 17. Belcic, I.; Rodić, S.; Dukarić, V.; Rupčić, T.; Knjaz, D., Do Blood Lactate Levels Affect the Kinematic Patterns of Jump Shots in Handball? *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2021**, 18, (20), 10809.
 18. Akl, A.-R.; Hassan, I.; Hassan, A.; Bishop, P., Relationship between Kinematic Variables of Jump Throwing and Ball Velocity in Elite Handball Players. *Applied Sciences* **2019**, 9, (16), 3423.
 19. Daza, G.; Andrés, A.; Tarragó, R., Match statistics as predictors of team's performance in elite competitive handball. *RICYDE. Revista internacional de Ciencias del Deporte / The International Journal of Sport Science* **2017**, 13, (48), 149-161.

20. Foreti, N.; Rogulj, N.; Papi, V., Empirical model for evaluating situational efficiency in top level handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport* **2013**, 13, (2), 275-293.
21. Carbonell, V.; Fontaina, S.; Gonzalez, A., Study of the technical-tactical actions carried out by elite handball goalkeepers against the pivots throws. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* **2018**, 14, 1-8.
22. Ávila-Moreno, F. M.; Chiroso-Ríos, L. J.; Ureña-Espá, A.; Lozano-Jarque, D.; Ulloa-Díaz, D., Evaluation of tactical performance in invasion team sports: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport* **2018**, 18, (2), 195-216.
23. Lozano, D.; Camerino, O.; Hilenó, R., Interacción dinámica ofensiva en balonmano de alto rendimiento. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes* **2016**, 125, 90-110.
24. Zapardiel, J. C.; Suarez, H. V.; Manchado, C.; Rivilla, J.; Van den Tillaar, R. In *Effect of opposition and effectiveness of throwing from first and second line in male elite handball during competition*, 2019; 2019.
25. Anguera, M. T.; Hernández-Mendo, A., *Metodología observacional y psicología del deporte*. 2014; Vol. 23.
26. Manterola, C.; Otzen, T., Checklist for Reporting Results Using Observational Descriptive Studies as Research Designs: The MInCir Initiative. *International Journal of Morphology* **2017**, 35, 72-76.
27. Camerino, O.; Castañer, M., Mixed Methods Research in the Movement Sciences Cases in Sport Physical Education and Dance. In 2013.
28. Anguera Argilaga, M. T.; Blanco Villaseñor, Á.; Hernández Mendo, A.; Losada López, J. L., Diseños Observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte* **2011**, 11, (2), 63-76.
29. Gabin, B.; Camerino, O.; Anguera, M. T.; Castañer, M., Lince: Multiplatform Sport Analysis Software. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **2012**, 46, 4692-4694.
30. Anguera, M. T.; Hernández-Mendo, A., Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. [Data analysis techniques in observational studies in sport sciences.]. *Cuadernos de Psicología del Deporte* **2015**, 15, (1), 13-30.
31. Villaseñor, A.; Losada, J.; Anguera, M. T., Data analysis techniques in observational designs applied to the environment-behaviour relation1. **2003**.
32. Cohen, J., *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)*. Routledge: 1988.
33. Allison, P. D.; Liker, J. K., Analyzing sequential categorical data on dyadic interaction: A comment on Gottman. *Psychological Bulletin* **1982**, 91, 393-403.

34. Castellano, J.; Casamichana, D.; Lago, C., The Use of Match Statistics that Discriminate Between Successful and Unsuccessful Soccer Teams. *J Hum Kinet* **2012**, 31, 139-47.
35. Drezner, R.; Lamas, L.; Barrera, J.; Dantas, L., Original Article A method for classifying and evaluating the efficiency of offensive playing styles in soccer. *Journal of Physical Education and Sport* **2020**, 20, 1284-1294.
36. Ruano, M.; Peñas, C.; Viaño, J.; González-García, I., Effects of game location, team quality and final outcome on game-related statistics in professional handball close games. *Kinesiology* **2014**, 46, 249-257.
37. Ávila Moreno, F. M., Application of an observational system for analysis of handball shots in the French World Championship 2001. *Apunts. Educación Física y Deportes* **2003**, 71, 100-108.
38. Almeida, A. G.; Merlin, M.; Pinto, A.; Torres, R. d. S.; Cunha, S. A., Performance-level indicators of male elite handball teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport* **2020**, 20, (1), 1-9.
39. Antúnez Medina, A.; Ureña Villanueva, F.; Velandrino Nicolás, A. P.; García Parra, M. M., Valoración de la efectividad de interceptación com êxito de la portera de balonmano ante el lanzamiento trás la aplicación de um programa perceptivo-motor. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* **2004**, 4, (15), 192-203.
40. Carbonell, V.; Fontaina, S.; Ramírez, A. G., Estudio de las acciones técnico-tácticas realizadas por los porteros de balonmano ante los lanzamientos de pivote. *E-Balonmano.Com: Journal Sports Science*. **2018**, 14, (1), 1.8.
41. Rivilla-García, J.; Martínez, I.; Grande, I.; Sampedro-Molinuevo, J., Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *2011* **2011**, 6, (2), 13.
42. Gutiérrez-Davila, M.; Ortega, M.; Párraga, J.; Campos, J.; Rojas, F. J., Variabilidad de la secuencia temporal de la cadena cinética en el lanzamiento de balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* **2011**, 11, (43), 455-471.
43. Román Seco, J. d. D., Táctica colectiva grupal en ataque: Los modelos en el balonmano español. [Tactical collective of group in attack : The models spanish handball]. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* **2009**, 4, (2), 23.

**Estudio 4. Effects of decision making on the speed and accuracy
of throwing jump in handball**

Jaime Tuquet¹, Elena Mainer-Pardos¹, Cristian Rosell-Chicón, Antonio
Cartón- Llorente^{1*}, Gustavo García-Buendía², Demetrio Lozano¹

¹*Universidad San Jorge. Campus Universitario, Autov A23 km 299, 50830. Villanueva de
Gállego Zaragoza. Spain.*

² *Department of Physical Education, Universidad de Granada, Granada, Spain*

Submitted to International Journal of Sport and Exercise Psychology

Manuscript ID: 221173019



Dear Antonio Cartón-Llorente,

Thank you for your submission.

Submission ID	221173019
Manuscript Title	Effects of decision making on the speed and accuracy of jump throwing in handball
Journal	International Journal of Sport and Exercise Psychology

You can check the progress of your submission, and make any requested revisions, on the [Author Portal](#).

Thank you for submitting your work to our journal.

If you have any queries, please get in touch with journalshelpdesk@taylorandfrancis.com.

Kind Regards,

International Journal of Sport and Exercise Psychology Editorial Office

Effects of decision making on the speed and accuracy of jump throwing in handball

Jaime Tuquet¹, Elena Mainer-Pardos¹, Cristian Rosell-Chicón, Antonio
Cartón- Llorente^{1*}, Gustavo García-Buendía², Demetrio Lozano¹

*¹Universidad San Jorge. Campus Universitario, Autov A23 km 299, 50830. Villanueva de
Gállego Zaragoza. Spain.*

² Department of Physical Education, Universidad de Granada, Granada, Spain

*Corresponding author

Antonio Cartón-Llorente

Universidad San Jorge. Campus Universitario Villanueva de Gállego. Autov. A23 km 29,
Villanueva de Gállego, 50830 Zaragoza, Spain.

Tel. (34) 976 060 100

Fax (34) 976 077 581

Email: acarton@usj.es

Word count: 2608

Effects of decision making on the speed and accuracy of jump throwing in handball

Abstract

Accuracy and speed of throws in handball are two of the key factors in scoring goals and succeeding in offensive play. However, shooting the goal effectively does not only require physical conditions and technical skills but also tactical expertise to choose the best location depending on the signs from the goalkeeper. The aims of this study were to analyse the effects of decision making on the speed and accuracy of handball throw and to compare these results between amateur and professional players. 35 male handball players (22 amateur, 13 professional) performed three sets of three jump throws aiming at one of the corners of the goal (0.2m²). The jump was performed on a contact platform connected to a light system which randomly turned on one of the lights of the four corners, with 3 different delayed times (T1: 0 seconds; T2: 0.100 seconds; T3: 0.250 seconds). Finally, throw speed with decision making (TSD), countermovement jump (CMJ) and throw speed (TS) jump were the variables analysed. The results showed that decision-making produced significant differences between groups in the TSD (T1 (Effect size (ES): 1.16); T3 (ES: 0.86) and, in throwing accuracy (T1 (ES: -1.05); T2 (ES: -1.18) and T3 (ES: 1.82)) for correct throws and T3 (ES: -0.85) for incorrect throws. Despite handball throwing speed and accuracy were impaired when players had less time to decide, professionals were able to minimize these effects compared to amateurs. Coaches and athletes should consider the need for specific throwing training that include decision-making tasks.

Keywords: Ball velocity; overhead sports, countermovement jump, goal efficiency

Introduction

Throwing the ball to score a goal in handball is defined as the most important action for success in offensive play (Granados, Izquierdo, Ibanez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007). Two of the most determining factors for throw to score a goal are speed and accuracy (García et al., 2013; Jimenez-Olmedo et al., 2019; Van den Tillaar & Ettema, 2003b; Wagner et al., 2011, 2014). Furthermore, throwing speed seems to have a direct relationship with the throwing distance from the goal (Gorostiaga et al., 2005; Granados & Izquierdo, 2008; Marques et al., 2007; Skoufas et al., 2008) with the longer distance shots accounting for the higher speeds.

It is worth noting that, a vast number of studies reflected the importance of the analysis of speed and accuracy in handball (Saavedra et al., 2019; Tuquet et al., 2020; Vila et al., 2020), showing discrepancies in the scientific knowledge regarding the relationship between ball speed and accuracy as to whether increased speed can impair accuracy or not. On the one hand, several authors indicated that in high-level players this relationship does not occur under laboratory experimental conditions, while others stated the opposite (García et al., 2013; Párraga et al., 2001; Van den Tillaar & Ettema, 2003a, 2003b). On the other hand, few studies analyzed throwing speed and accuracy during competition it seems that players did not use their higher throwing speed when they achieve a higher success rate (Vila et al., 2020).

Arguably, jumping ability is one of the key factors of throwing performance (Iacono et al., 2016; Massuça et al., 2014; McGhie et al., 2020), since a longer flight time will allow a greater ability to react to the goalkeeper (Wagner et al., 2014). Furthermore, lower limb strength is strongly related to throwing speed (Ortega-Becerra et al., 2018). Although there seems to be disagreements on whether jump height is a discriminant factor for elite play, a researcher found that there were differences between jump measurements depending on the level of the players (Hermassi et al., 2019). On the contrary, Wagner et al. did not find significant differences in jump height between elite and amateur players (Wagner et al., 2014).

In handball, as in most team sports, athletes continuously perceive information from actions during the game and information from the external environment, requiring them to make decisions (Balagué et al., 2008; Passos et al., 2008). In turn, decision making depends on three factors: the individual characteristics of the athletes, the conditions of

the task to be solved and the characteristics of the performance environment (Davids et al., 2008). A suitable study on the throwing in handball should include decision making influenced by the opposition of the goalkeeper (Rivilla-Garcia et al., 2011; Vila et al., 2012) and of any other defender (Zapardiel Cortés et al., 2017; Zapardiel et al., 2019).

For all these reasons, this study proposes as a novelty to analyze the importance of decision making in handball jump throwing and how it influences throwing speed and accuracy. Therefore, the objectives of this study were to analyze the effect of decision making on the speed and accuracy of the jump throw and to determine whether any of these variables was an indicator of the competitive level of the players.

Methods

Participants

The sample consisted of 35 male players, who regularly play handball at amateur and professional levels (age: 23.97 ± 4.64 yr; height: 185.46 ± 6.79 cm; weight: 86.68 ; 13.14 kg; and 14.29 ± 4.7 yr of experience in handball training) (Table 1). All participants were informed in detail about the research protocol and the basic characteristics of the study, as well as the possible risks related to the test protocol, and all of them signed an informed consent form, in accordance with the Declaration of Helsinki, before starting the study. Recruitment was conducted among the teams Balonmano Dominicos and Ademar Zaragoza, 1st Spanish National Handball League, and Balonmano Huesca, ASOBAL League. All subjects had a wide experience (i.e., ≥ 10 years) in handball training and in the specific technique of jump throwing. The present study has the approval of the Ethics Committee of CEIC Aragón (CEICA) n° 10/2021.

Table 1. Baseline characteristics of the players.

	n	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Exp (yr)
Amateur	22	22.01 ± 2.57	184.07 ± 6.74	84.14 ± 13.78	13.5 ± 3.94
Professional	13	26.99 ± 5.54	188.00 ± 6.37	91.33 ± 10.89	15.62 ± 5.69

Exp: experience (in years of handball training); yr: years; cm: centimeters; Kg: kilograms.

Procedures

Jump height

The evaluation of the jump was performed using the validated My Jump 2 application for iPhone X (Balsalobre-Fernández et al., 2015), analysing both a bipodal and unipodal countermovement jump (CMJ) with both legs, in which two attempts were performed, selecting the higher of the two. The procedure validated by Balsalobre-Fernández et al. (2015) was followed. The applications determines the jump height using the equation $h = t^2 \times 1.22625$ described by Bosco et al. (1983) where h stands for the jump height (in meters) and t for flight time (in seconds).

Throw Speed

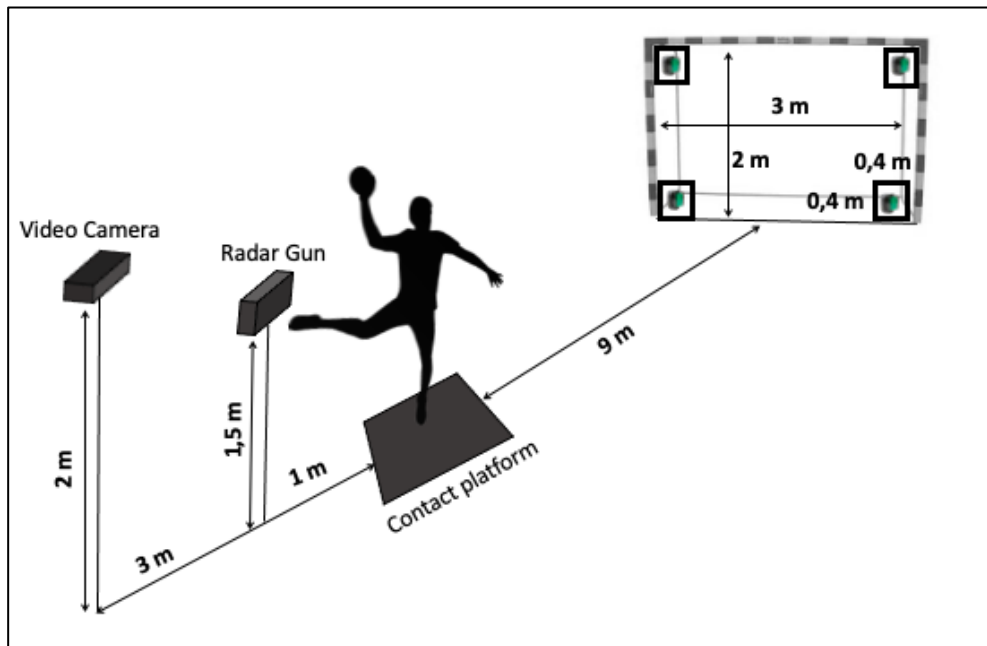
The measurement of throw speed (TS), a protocol of nine jumping throws was set up using only the best result for analysis. First, a standardized warm-up established by the researchers and technical staff was performed, consisting of five min of low intensity running, three min of mobility exercises and two min of active stretching and ballistic exercises. Finally, a warm-up focused on throwing skills was developed prior to participation. Three sets of three jump throws were performed from the nine-meter line, with a 30-second rest between each throw and three minutes between sets, which ensure a complete recovery for all of them (Nuño et al., 2016). The TS was recorded using a high-performance sports radar (Stalker Pro 2 Radar Gun, Applied Concepts, Inc./Stalker Radar, Texas, USA) placed at the 9-meter line, behind the player throwing the ball, and pointing to the executing arm. Only throws that entered directly into the goal, without touching the ground, were considered as valid. Molten official handballs (Molten Corp., Hiroshima, Japan) were used, (circumference: 58-60 mm; weight: 425-475 g).

Throwing accuracy

The target areas to assess throwing accuracy were chosen as the goal's extreme points (right and left upper and downs corners), which was most likely to give rise to differences in the movements of the players (Akyüz et al., 2019; Bourne et al., 2011). When the ball hits within the target area, located 0.4 meters from the light, it will be considered correct, otherwise it will be incorrect (Figure 1).

A high-definition digital video camera (Sony HXR- MC50P; Sony Corporation, Tokyo, Japan) to analyze the accuracy. The high-definition video camera was mounted on a tripod, behind the 9-meter line, recording the goal.

Figure 1. Experimental set-up for the assessment of shooting accuracy assessment with decision making.



Decision-making test

To assess ball speed related to decision making (TSD) jump shots were taken. All jump throws were performed with the natural supporting foot, from 9 metres to the goal, and with a 2-step pre-throw run, in order to recreate the most common step cycle in long distance throwers in competitive handball (Tuquet et al., 2022). The player must release the ball before falling back to the ground. The last support is always performed on a Chronojump contact platform (Boscosystem, Barcelona, Spain), connected to a Witty SEM light system (Microgate, Bolzano, Italy) placed at the four corners of the goal at 0.2 m from the top and side posts. The lights will be delayed with difficulty levels (Time1 (T1), T2, T3) in which the time of activation of the lights is delayed (T1: 0 seconds; T2: 0.100 seconds; T3: 0.250 seconds). Three throws per difficulty level will be carried out, in each of them only one of the 4 lights (i.e., the target) will be switched on.

Statistical analysis

Normality (Shapiro Wilk test) and homogeneity (Levene test) tests were performed. A comparison of means was posteriorly carried out with the *t*-test for independent samples, together with the calculation of the effect size (Cohen's *d*) with a confident limit (CL) at 90%. As a rule of thumb, here is how to interpret Cohen's *d* (0.2 = Small effect size; 0.5 = Medium effect size; 0.8 = Large effect size). Additionally, Pearson's *r* correlation between within-group variables was also calculated. The criteria proposed by Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009, was followed to interpret the magnitude of the *r*, and results were considered as null (0.00-0.09), small (0.10-0.29), moderate (0.30-0.49), large (0.50-0.69), very large (0.70-0.89), nearly perfect (0.90-0.99), and perfect (1.00). A significant effect was considered when $p < 0.05$. Statistical analyses were carried out using IBM SPSS v28 (Statistical Package for Social Science, Inc., Chicago, IL, 2012).

Results

In the analysis of the similarities in the results between the amateur and professional groups (Table 2), significant differences ($p < 0.05$) were observed between both groups in the variables CMJ, TS Jump, TSD T1 and TSD T3.

Table 2. Summary results of all tests performed in amateur group and professional group.

Variable	Amateur Group		Professional Group		p	ES (90% CL)
	Amateur n = 22		Professional n = 13			
	Mean	SD	Mean	SD		
CMJ (cm)	37.31	± 7.44	42.51	± 5.83*	.040	0.76 (-1.47; -0.35)
CMJ _L (cm)	19.78	± 4.31	21.40	± 4.25	.292	0.38 (-1.07; 0.32)
CMJ _R (cm)	19.83	± 3.74	22.42	± 4.32	.074	0.65 (-1.36; 0.63)
TS Jump (m/s)	23.23	± 1.20	25.82	± 1.30*	.000	2.09 (-2.92; -1.23)
TSD T1 (m/s)	22.28	± 1.62	24.04	± 1.52*	.003	1.16 (-1.92; -0.39)
TSD T2 (m/s)	22.69	± 1.57	23.34	± 1.32	.212	0.52 (-1.33; 0.30)
TSD T3 (m/s)	20.35	± 4.06	23.34	± 1.38*	.023	0.86 (-1.58; -0.12)

R: Right; L: Left; CMJ: countermovement jump; CMJ_R: one- leg vertical right jump; CMJ_L: one-leg vertical left jump; TS: Throw speed; TSD: Throw speed with decision making; T: time; T1: 0 seconds; T2: 0.100 seconds; T3: 0,250 seconds: SD: standard deviation; cm: centimetres; s: seconds; m/s: meters per second; CL: confidence limits; ES: Effect Size.

* Significant difference between the amateur and professional ($p < 0.05$).

Using the effect size (Table 3) we assessed the relationship between throwing accuracy between amateurs and professionals in the different throwing times, finding significant differences between the groups in the correct throws at T1 ($p=.009$; ES -1.05), T2 ($p=.012$; ES -1.18) and T3 ($p=.004$; ES -1.82) and the incorrect throws at T3 ($p=.034$; ES -0.85).

Table 3. Summary results of all accuracy test in amateur group and professional group.

Variable	Accuracy	Amateur Group		Professional Group		p	ES (90% CL)
		n	Mean SD	n	Mean SD		
TSD T1 (m/s)	Correct	12	22.65 ± 1.57	12	24.23 ± 1.43*	.009	-1.05 (-1.76; -0.32)
	Incorrect	10	21.84 ± 1.65	1	21.83 ± 0.00	.496	-0.01 (-1.71; -1.74)
TSD T2 (m/s)	Correct	10	22.53 ± 1.34	8	24.01 ± 1.15*	.012	-1.18 (-2.01; -0.31)
	Incorrect	12	22.82 ± 1.78	5	22.26 ± 0.76	.260	-0.35 (-0.537; 1.23)
TSD T3 (m/s)	Correct	8	21.49 ± 1.15	5	23.44 ± 0.94*	.004	-1.82 (-2.91; 0.65)
	Incorrect	14	19.69 ± 4.97	8	23.22 ± 1.65*	.034	-0.85 (-1.61; -0.82)

TSD: Throw speed with decision making; T: time; T1: 0 seconds; T2: 0.100 seconds; T3: 0,250 seconds; SD: standard deviation; m/s: meters per second; CL: confidence limits; ES: Effect Size.

* Significant difference between the amateur and professional ($p < 0.05$)

Using Pearson's r correlation (table 4) we analysed the correlation between the CMJ, CMJL, CMJR and the rest of the variables in each group, obtaining a significant correlation ($p < 0.05$) between TS Jump and CMJ, CMJL and CMJR, and between TSD T1 and CMJL, both in the total sample, and between CMJL and TSD T3 in the professional group.

Table 4. Pearson correlation coefficient of all vertical jump tests with throwing velocity performed in amateur group and professional group.

		TS Jump	TSD T1	TSD T2	TSD T3
All (n=35)	CMJ	0.376 (.028)*	0.292 (.094)	-0.155 (.383)	0.1 (.575)
	CMJL	0.357 (.038)*	0.384 (.025)*	-0.108(.544)	0.117 (.511)
	CMJR	0.422 (.013)*	0.32 (.065)	-0.06 (.734)	0.115 (.518)
Amateur Group (n=22)	CMJ	0.17 (.46)	0.070 (.763)	-0.304 (.180)	-0.123 (.594)
	CMJL	0.266 (.245)	0.35 (.12)	-0.2 (.384)	-0.068 (.771)
	CMJR	0.351 (.119)	0.412 (.064)	-0.146 (.527)	-0.1 (.666)

Professional	CMJ	0.222 (.46)	0.34 (.256)	-0.113 (.714)	0.416 (.157)
Group	CMJ _L	0.428 (.144)	0.329 (.273)	-0.057 (.853)	0.658 (.014)*
(n=13)	CMJ _R	0.234 (.442)	-0.111 (.718)	-0.121 (.694)	0.373 (.21)

R: Right; L: Left; CMJ: countermovement jump; CMJ_R: one-egged vertical right jump; CMJ_L: one-legged vertical left jump; TS: Throw speed; TSD: Throw speed with decision making; T: time; T1: 0 seconds; T2: 0.100 seconds; T3: 0.250 seconds:

* Significant difference between the amateur and professional ($p < 0.05$).

Discussion

In this study, the effect of decision-making upon throwing performance (speed and accuracy) was examined in amateur and professional handball players to determine whether any of these factors indicated the competitive level of the players. The main findings were that decision-making produced significant differences between groups in the throwing speed (TSD T1 (ES: 1.16 (-1.92; -0.39)); TSD T3 (ES: 0.86 (-1.58; -0.12))). Also, in throwing accuracy (T1 (ES: -1.05 (-1.76; -0.32)); T2 (ES: -1.18 (-2.01; -0.31)) and T3 (ES: 1.82 (-2.91; 0.65)) for correct throws and T3 (ES: -0.85 (-1.61; -0.82)) for incorrect throws.

These results seems to be in line with those from previous studies which confirmed that there was a negative influence on cognitive tasks with throwing speed and accuracy (Fleck et al., 1992), as well as the decrease of throwing velocity when decision making was introduced in handball throwing (Párraga et al., 2001). However, reviewing the current research, it was found that there is a lack of studies on the influence of decision-making on throwing speed and accuracy in handball, making this section particularly challenging.

In this study, throwing speed decreases in both groups when players have less time to decide their position. However, professional players were able to minimize this velocity loss as they almost maintain throwing speed (TSD T2 – TSD T3), when decision time was reduced. Similarly, previous research from Van Den Tillaar & Ettema (2006) support these findings and suggest that elite players are capable of maintaining speed, despite throwing accuracy demands, while amateur players suffer a decrease in their throwing speed if they focus on accuracy.

Of note, few studies have assessed the influence of decision-making on throwing performance under competitive conditions (Rivilla-Garcia et al., 2011) (Párraga et al., 2001). Firstly, Rivilla-Garcia et al. demonstrated decision-making affects throwing

performance due to the uncertainty made by defenders or goalkeepers. In addition, Párraga et al. (2001) explained that, in a real game situation, there is less uncertainty when the goalkeeper adopts a position that is easy for the opposition to predict, and anticipate their movements or defense as well as the possible defensive action of other opponents.

Regarding the accuracy, when maximum speed-accuracy instructions were given, it was observed that professional players miss fewer shots than the amateurs in the three decision-making conditions. These results agree with previous scientific research, where the velocity-accuracy relationship was investigated, despite decision-making where not included in those studies (Van den Tillaar & Ettema, 2003a)(van den Tillaar & Ettema, 2009; Van den Tillaar & Ettema, 2003b; Van Den Tillaar & Ettema, 2006). Particularly, these studies highlight that focusing on maximal speed does not change accuracy in professional players, suggesting that there is no trade-off between speed and accuracy. One possible reason could be that elite players achieve the highest accuracy above 85% of maximum ball speed (van den Tillaar, 2020).

In view of the comparative analysis between amateur and professional handball players carried out, it seems the CMJ, TS jump and TSD values at Times T1 and T3 are good predictors of the competitive level of the players studied. They showed to be significantly higher in professionals than in amateurs ($p < 0.05$), with medium to large effect sizes, ranging between 0.76 and 2.09. Furthermore, a positive correlation exists between jumping ability and jump throwing speed, as well as jump throwing alongside decision making with the faster stimulus onset times (TSD T1). Additionally, the jumping ability of professional players also correlated with the ability to throw together with decision making with later stimulus onset times (TSD T3). This is due to improved jumping ability and a greater understanding of elite athletes' assimilation with various sources of information when anticipating the actions of others in a complex and dynamic environment (Gredin et al., 2020).

However, the present study has some limitations. Firstly, only 9-m throws from the centre back without opposition were measured. We must emphasize that the recreation of real conditions requires a further adjustment of the experimental design. Despite the consistency of the results presented above, it remains unclear whether the knowledge gained in this study reflects the actual in-game behaviour of the players. In this way,

future research may replicate the testing protocol of the current work but focusing in closely to recreate in-game conditions such as shooting from other positions, and adding the opposition of the goalkeeper and defenders (Michalsik et al., 2015). In addition, only men were measured in this work, preventing us to assess sex-related differences regarding the accuracy and speed of the throwing. In this regard, one previous research highlighted that women, on average, throw a bit slower than men (van den Tillaar & Cabri, 2012) and perhaps, thereby, have a different velocity-accuracy profile than men. The sample of experienced, national level handball players was selected by convenience in order to avoid the dispersion of the results due to heterogeneity, with this some differences in the results are expected when assessing the different level of handball players (e.g., collegiate or elite), which must be investigated before we can generalize the findings reported here to larger populations.

In spite of these limitations, the results highlighted the effects of decision-making on handball throwing ability. In terms of speed and accuracy handball throwing performance is impaired when players have less time to decide their position due to decision making. However, these difficulties depend on the competitive level of the players, as professionals prove to be able to minimize them better compared to amateurs. In this regard, coaches and athletes should consider the need for specific throwing training that include decision-making tasks, with an emphasis on the time this takes, in order to develop players' ability to score in offensive play.

Further experimental investigations are needed to address the influence of contextual priors on decision making in representative task designs. In this sense, research on the speed-accuracy relationship must be approached with variations of conditions that occur during the real game. The presence of opposition, contact and uncertainty during decision making at throwing may be the next step to deeply understand the key factors of handball throwing performance.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge all the participants of the study.

Declaration of interest statement

The authors report no conflict of interest.

Data availability statement

Raw data were generated at [OSF repository](#). Derived data supporting the findings of this study are available from the corresponding author [ACL] on request.

References

- Akyüz, B., Avşar, P. A., Bilge, M., Deliceoğlu, G., & Korkusuz, F. (2019). Skeletal muscle fatigue does not affect shooting accuracy of handball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(4), 253–259.
- Balagué, N., Hristovski, R., & Vazquez, P. (2008). Ecological dynamics approach to decision making in sport. Training issues. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 4(71).
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–282.
- Bourne, M., Bennett, S. J., Hayes, S. J., & Williams, A. M. (2011). The dynamical structure of handball penalty shots as a function of target location. *Human Movement Science*, 30(1), 40–55.
- Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Human Kinetics.
- Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). *Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball*. 6(2), 120–124.
- García, J. A., Sabido, R., Barbado, D., & Moreno, F. J. (2013). Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to instruction. *European Journal of Sport Science*, 13(2), 149–154.
- 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>
- Granados, C., & Izquierdo, M. (2008). Effects of an Entire Season on Physical Fitness in

- Elite Female Handball Players. In *Med. Sci. Sports Exerc* (Vol. 40, Issue 2).
- Gredin, N. V., Bishop, D. T., Williams, A. M., & Broadbent, D. P. (2020). The use of contextual priors and kinematic information during anticipation in sport: toward a Bayesian integration framework. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 0(0), 1–25. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1855667>
- Hermassi, S., Laudner, K., & Schwesig, R. (2019). Playing level and position differences in body characteristics and physical fitness performance among male team handball players. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 149.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Iacono, A. Dello, 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 830–840.
- Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Ortega Becerra, M., Pueo, B., & Espina-Agullo, J. J. (2019). Relationships between anthropometric parameters and overarm throw in elite beach handball. *Human Movement*, 20(2), 16–24. <https://doi.org/10.5114/hm.2019.79394>
- Marques, M. C., Van Den Tillaar, 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. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 2).
- Massuça, L. M., Fragoso, I., & Teles, J. (2014). Attributes of top elite team-handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 178–186.
- McGhie, D., Østerås, S., Ettema, G., Paulsen, G., & Sandbakk, Ø. (2020). Strength determinants of jump height in the jump throw movement in women handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(10), 2937–2946.
- Michalsik, L. B., & Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball:

- Comparisons between male and female players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(9), 878–891.
- Nuño, A., Chiroso, I. J., Van Den Tillaar, R., Guisado, R., Martín, I., Martínez, I., & Chiroso, L. J. (2016). Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 103–113. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0039>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, 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>
- Párraga, J., Sánchez, A., & Oña, A. (2001). Ball speed and accuracy of the handball jump throw as parameters of performance. *Apunts: Educació Física y Deportes*, 66, 44–51.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., & Shuttleworth, R. (2008). Manipulating constraints to train decision making in rugby union. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 3(1), 125–140.
- Rivilla-Garcia, J., Grande, I., Sampedro, J., & Van Den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(3), 534.
- Saavedra, J. M., Halldórsson, K., Kristjánisdóttir, H., Þorgeirsson, S., & Sveinsson, G. (2019). Anthropometric characteristics, physical fitness and the prediction of throwing velocity in handball men young players. *Kinesiology*, 51(2.), 253–260.
- Skoufas, D., Skoufa, E., Christodoulidis, T., Papadopoulou, S., Patikas, D., & Zaggelidis, G. (2008). The effect of arm and forearm loading on the throwing velocity of novice handball players: Influences during training and detraining. *Physical Training*, 11(2).
- Tuquet, J., Cartón, A., Marco-Contreras, L. A., Mainer-Pardos, E., & Lozano, D. (2022). Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball. *Sustainability*, 14(9), 5291.

- Tuquet, J., Zapardiel, J. C., Saavedra, J. M., Jaén-Carrillo, D., & Lozano, D. (2020). Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19), 7022.
- van den Tillaar, R. (2020). The Effects of Target Location Upon Throwing Velocity and Accuracy in Experienced Female Handball Players. *Frontiers in Psychology*, *11*(August). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02006>
- van den Tillaar, R., & Cabri, J. M. H. (2012). Gender differences in the kinematics and ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*, *30*(8), 807–813. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.671529>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2009). A comparison of overarm throwing with the dominant and nondominant arm in experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *109*(1), 315–326. <https://doi.org/10.2466/PMS.109.1.315-326>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003a). Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *96*(2), 423–434.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003b). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *97*(3), 731–742.
- Van Den Tillaar, R., & Ettema, G. (2006). A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *103*(2), 503–514. <https://doi.org/10.2466/PMS.103.2.503-514>
- Vila, H., Machado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(8), 2146–2155.
- Vila, H., Zapardiel, J. C., & Ferragut, C. (2020). The relationship between effectiveness and throwing velocity in a handball match. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *20*(2), 180–188.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. P. (2014). Individual and

Team Performance in Team-Handball: A Review. In ©*Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 13).

Wagner, H., Pfusterschmied, J., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. In ©*Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 10).

Zapardiel Cortés, J. C., Ferragut Fiol, C., Manchado, C., Abraldes Valeiras, J. A., & Vila Suárez, H. (2017). *Difference of the speed of handball throwing during the competition in relation to efficiency: Analysis between the first and the second half.*

Zapardiel, J. C., Vila Suárez, H., Manchado, C., Rivilla García, J., & van den Tillaar, R. (2019). Effect of opposition and effectiveness of throwing from first and second line in male elite handball during competition. *Kinesiology Slovenica*, 25(1), 35–44

7 RESUMEN DE RESULTADOS

A continuación, se añaden una tabla resumen con los resultados principales resultados obtenidos en cada una de las investigaciones llevadas a cabo (tabla 4).

Tabla 4. Resumen de los principales resultados obtenidos en los estudios que componen esta tesis doctoral

Estudio	Resultados
Relationship Between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages	<p>En el análisis intergrupo entre las categorías Senior y U18, se observa una evolución más probable en las variables de VL, envergadura, peso y altura; entre los grupos U18-U16, el desarrollo del IMC y el peso se considera más probable.; entre los grupos U14 y U16 se considera más probable para VL, envergadura de brazos, envergadura de mano y altura; y entre U12 y U14 se considera más probable para VL, envergadura de brazo, envergadura de mano, peso y altura Se realizó una correlación intragrupal lineal para aclarar qué variables son dependientes y predictivas de otras, dentro de cada grupo de edad, centrándose en la variable VL, siendo IMC variable predictiva para VL en Senior, U18, U16 y U2. los valores R2 muestran que la correlación entre VL e IMC en todos los grupos de edad estudiados está confirmada excepto en la U16.</p>
Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball	<p>El resultado del lanzamiento está relacionado con la distancia (125,39, $p < 0,001$) y el tipo de lanzamiento (12,62, $p < .01$). Además, la distancia se relacionó con el brazo construido (92,84, $p < .001$), el soporte de salto (459,45, $p < 0,001$), el tipo de lanzamiento (62,01, $p < 0,001$), el ciclo de pasos (564,80, $p < .001$), el pie de apoyo (26,91, $p < 0,001$) y el resultado del partido (14,27, $p < 0,05$). Además, el armado utilizado se correlaciona con la variable de salto-apoyo (71,69, $p < 0,001$) y el pie de apoyo (33,49, $p < 0,01$). La variable salto-apoyo está relacionada con el ciclo de pasos (198,92, $p < 0,001$) y el pie de apoyo (20,32, $p < 0,001$). Finalmente, el pie de apoyo tiene correlación con el ciclo de pasos (56,74, $p < 0,001$). Destacan también las relaciones significativas que se encontraron entre el resultado del lanzamiento: bloqueo y 9m ($z= 6,5$); gol y 6m ($z= 5,7$); fuera y 9m ($z= 4$); parada y 9m ($z= 3,9$); entre la posición del brazo de la cadera y 6.9 ($z= 7,9$); lanzamiento en salto y 6m ($z= 13,8$); equipos ganadores y lanzamiento desde el medio campo ($z= 2,9$).</p>

Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball.

La correlación estadísticamente significativa entre los lanzamientos desde 7 metros con el ciclo de paso en “fly” (90%, $p < 0,01$) y el paso cero (30.5%, $p < 0,001$) y un paso (54.8%, $p < 0,01$). Los lanzamientos desde una distancia entre 6 y 9 metros tienen una relación estadísticamente significativa con ciclos de tres pasos (35.9%, $p < 0,001$) y más de tres pasos (54%, $p < 0,01$). Cabe destacar que los lanzamientos de 9 metros se correlacionan con los lanzamientos de dos pasos (29.8%, $p < 0,001$). En el análisis de las correlaciones del ciclo de pasos previos al lanzamiento y el último pie de apoyo, destaca la correlación estadísticamente significativa entre los lanzamientos realizados desde un pie cambiado y el uso de más de tres pasos (27.3%, $p < 0,001$). Igualmente, se encontraron correlaciones entre los lanzamientos realizados con tres pasos y un último soporte natural del pie (93.7%, $p < 0,001$), mientras que los lanzamientos de paso cero se correlacionaron con el tiro con el lanzamiento de dos pies al mismo nivel (12.6%, $p < 0,001$).

Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball

Se aprecian diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos grupos en las variables CMJ, VL Jump, VLD T1 y VLD T3. Valorando mediante el Tamaño del efecto se encontrando diferencias significativas entre amateur y profesionales en los lanzamientos correctos en T1, T2 y T3 y los lanzamientos incorrectos en T3. Mediante la correlación R de Pearson se obtuvo una correlación significativa ($p < 0,05$) entre VL Jump y CMJ, CMJL y CMJR, y entre VLD T1 y CMJL, ambos en el total de la muestra, y entre CMJL y VLD T3 en el grupo profesional.

8 DISCUSIÓN

La presente tesis doctoral se centra en la línea de análisis de los procesos de juego, más específicamente en la acción más relevante para alcanzar el éxito en balonmano, el lanzamiento, proporcionando una evaluación crítica de esta acción y su relevancia en el juego, teniendo en cuenta la literatura científica existente sobre el mismo (Ávila-moreno, Chirosa-ríos, Ureña-, Lozano-jarque, & Ulloa-díaz, 2018; Castellano, Casamichana, & Lago, 2012; Drezner, Lamas, Farias, Barrera, & Dantas, 2020; Gómez, Lago-Peñas, Viaño, & González-García, 2014).

En esta dirección, inicialmente, se valoraron los parámetros antropométricos y VL de lanzamientos desde siete metros en jugadores amateurs de balonmano masculino de diferentes edades, para conocer la relación entre las características antropométricas y VL en cada edad. También se analizaron los factores determinantes del lanzamiento en balonmano, su efectividad y su relación entre las variables que definen la actuación en las competiciones de balonmano de categoría élite masculina. En este sentido y más específicamente, se estudió la influencia de la acción técnica del ciclo de pasos previos al lanzamiento del balón en balonmano y su efectividad. Además, se examinó el efecto de la toma de decisiones sobre el rendimiento de lanzamiento (velocidad y precisión) en jugadores de balonmano amateurs y profesionales para determinar si alguno de estos factores era indicativo del nivel competitivo de los jugadores.

Para un mayor conocimiento del lanzamiento, se analizaron los factores determinantes en este gesto y su efectividad en pruebas de laboratorio y en competición. En referencia a estos factores, los resultados obtenidos destacan que la efectividad está predeterminada por la distancia de lanzamiento y el tipo de lanzamiento. Igualmente, existen relaciones entre la distancia de lanzamiento y todas las demás variables. Como es evidente, encontramos relación entre la distancia de lanzamiento y su resultado. Del mismo modo, Ávila-moreno et al., (2018), Blanco García, (2012) y Almeida, Merlin, Pinto, Torres, & Cunha, (2019) observaron que los lanzamientos desde seis metros tienen una relación positiva con la consecución del gol, frente a los lanzamientos desde nueve metros donde esa relación es negativa (Antúnez, Ureña, Velandrino, & García-Parra, 2004). Además, se han identificado relaciones significativas con la distancia de lanzamiento y el resultado del lanzamiento. Los lanzamientos, cuando se realizan desde media distancia (9 metros) y entre líneas (6-9 metros) necesitan ser fuertes, potentes para poder tomar por sorpresa

la acción defensiva y del portero (Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007; Rivilla-García, Martínez, Grande, & Sampedro-Molinuevo, 2011; Zapardiel, Vila Suárez, Manchado, Rivilla García, & Van den Tillaar, 2019). Igualmente, se pone de manifiesto esa relación entre la distancia de lanzamiento y el tipo de lanzamiento. Este hecho también se manifiesta en otros deportes de equipo (Castellano et al., 2012; Drezner et al., 2020; Gómez et al., 2014; Ibañez, Feu, García, Parejo, & Cañadas, 2009). Por otro lado, el lanzamiento con la técnica clásica de mano alta, es el más utilizado en los lanzamientos de seis metros. Esta técnica permite una mayor maniobrabilidad y variabilidad en la localización del lanzamiento (Gutiérrez-Dávila, Ortega-Becerra, Párraga, Campos, & Rojas, 2011). Además, el lanzamiento en salto es significativamente más repetido y efectivo en lanzamientos cercanos. Esto se debe a que el jugador con el salto se aproxima a la portería contraria, tiene más tiempo para observar al portero y tomar la decisión correcta (Carbonell, Fontaina, & Ramírez, 2018).

En lo que respecta a la influencia de la antropometría sobre el gesto estudiado, según los resultados obtenidos al comparar los grupos de edad, se puede observar cómo las variables antropométricas son más relevantes en los jugadores más jóvenes y pierden valor progresivamente en función de su progresión en las categorías. Estudios previos determinaron los parámetros antropométricos a diferentes edades (Hammami et al., 2017; Ingebrigtsen, Jeffreys, & Rodahl, 2013; Saavedra et al., 2018; Visnapuu & Jürimäe, 2009) como importantes para la detección de talentos en balonmano.

Asimismo, también se analizó la relación entre estas variables antropométricas y la velocidad de lanzamiento (Debanne & Laffaye, 2011; Hermassi, Chelly, Bragazzi, Shephard, & Schwesig, 2019; Saavedra, Halldórsson, Kristjánssdóttir, Þorgeirsson, & Sveinsson, 2019; Schwesig et al., 2017). En esta comparación, los resultados de nuestro estudio muestran diferencias entre todos los grupos de edad. Coincidiendo con la relación estudiada entre los parámetros antropométricos y los grupos de edad en jugadores de balonmano masculinos teniendo en cuenta las horas de práctica acumuladas desde los jugadores más jóvenes a los más mayores, respectivamente (Visnapuu & Jürimäe, 2009), así como en jugadoras de balonmano femenino (Saavedra et al., 2018; Vandendriessche et al., 2012). Existiendo diferencias entre los grupos U16-U14 y entre los grupos U14-U12. La literatura sobre este tema, de acuerdo con nuestro estudio, muestra que la categoría de juego, la experiencia y la edad contribuyen a la variación de la velocidad

entre los jugadores de balonmano (Laffaye, Debanne, & Choukou, 2012; Van Den Tillaar & Ettema, 2006; Visnapuu & Jürimäe, 2009).

En general, el VLS está determinado principalmente por el IMC en todos los grupos de edad, seguido de la altura y la amplitud de los brazos. Para los U12, la principal variable predictora de ST es el IMC, para los grupos U14 la altura, seguida del IMC, la envergadura de los brazos y el peso, presentando estas dos últimas variables las correlaciones más bajas. Para los jugadores U16, para establecer la relación VL-antropometría, la variable más influyente es la extensión de los brazos. La mayor determinación antropométrica de VL para jugadores U18 es el IMC, seguido de la envergadura de los brazos y la altura, exhibiendo estas dos últimas variables una relación moderada. En la categoría sénior, el VL tiene una correlación significativa con el IMC. Con respecto a la relación de cada variable, un gran número de estudios que tratan la relación entre VL y antropometría (Fieseler et al., 2017; Laffaye et al., 2012; Van den Tillaar & Ettema, 2004), encontraron un efecto positivo entre la masa corporal libre de grasa y VL en jugadores de balonmano experimentados y encontraron una relación entre VL y altura en jugadores noveles de balonmano.

No obstante, los estudios previos coinciden en que las variables antropométricas están relacionadas con la VL pero, al mismo tiempo, la variable antropométrica más determinante no coincide en la mayoría de ellas. Los resultados concuerdan con los de (Skoufas, 2003) que mostraron en jugadores de élite un VL significativamente mayor en todos los tipos de lanzamientos (lanzamientos de pie y lanzamientos con salto vertical), la altura del cuerpo se relacionó significativamente con los lanzamientos de pie y los lanzamientos con salto vertical solo para atletas senior. Asimismo, Zapartidis, Palamas, Papa, Tsakalou, & Kotsampouikidou, no encontraron ninguna relación con el IMC, pero sí una correlación moderada con la longitud de la mano, la envergadura y la altura, lo que también ocurrió en nuestro estudio.

En el análisis intergrupar, la mayor desviación se da en la comparación entre los grupos U18-U16. A estas edades, sólo el peso y el IMC muestran una evolución más probable en relación con la VL. Esto podría deberse a los desajustes que se producen en esta etapa, donde los jugadores están en pleno proceso de maduración biológica. Esto nos lleva a pensar que las variables antropométricas están más relacionadas con el VL cuando aislamos la acción de lanzamiento del contexto competitivo.

En el análisis de la antropometría y el lanzamiento es necesario que las líneas de investigación futuras realicen más estudios para alcanzar un mayor consenso entre los investigadores, especialmente para unificar cuál sería la variable antropométrica que más influye en el VL en el balonmano masculino. Además, sería interesante ampliar este tipo de estudios haciendo hincapié en recabar más datos de las categorías inferiores (base) donde la importancia de la detección de talentos aumenta, así como en las categorías femeninas.

Con respecto a los factores de rendimiento que influyen en la eficacia de lanzamiento en competición de alto nivel, nuestros hallazgos destacan el mayor uso del apoyo natural del pie para el último paso del lanzamiento, es decir, el pie opuesto al brazo de lanzamiento. La explicación puede ser doble, y que el reglamento de juego sólo permiten dar tres pasos antes del lanzamiento para adoptar una posición óptima de lanzamiento (Lozano, Camerino, & Hílano, 2016). En este sentido, el apoyo natural del pie se mostró más efectivo que el no natural en cada tipo de lanzamiento analizado. Además, en el estudio 2, la relación entre el lanzamiento de dos pies y el lanzamiento de paso cero parece ser una consecuencia de la mayor influencia del juego con el jugador pivote en el balonmano actual (Román Seco, 2008).

Si concretamos en el análisis del ciclo de pasos, este nos ofrece interesantes conclusiones sobre la alta relevancia que tiene en la efectividad del lanzamiento (artículo 3). Los resultados muestran que, el uso de diferentes ciclos de pasos previos al lanzamiento, están condicionados por la distancia de este lanzamiento y el último pie de apoyo utilizado. Esto se debe a la gran variedad de situaciones de lanzamiento que pueden ocurrir durante el juego (tiros de contraataque, tiros exteriores, tiros de pivote, tiros de extremo).

En este sentido, es evidente la relación entre la distancia de lanzamiento y el resultado del mismo, explicada anteriormente, donde algunos estudios encontraron que los lanzamientos desde 6 metros tenían una relación positiva con el éxito de marcar un gol (Alexandre G Almeida, Merlin, Pinto, Torres, & Cunha, 2020; Moreno, 2003), y por el contrario, Antúnez et al. (2004). observó una relación negativa a partir de 9 metros de lanzamiento. Nuestros resultados muestran que la distancia de lanzamiento también determina el uso de diferentes ciclos de pasos. Esto puede deberse a la dificultad de lanzar de manera efectiva más allá de la línea de 9 metros. Curiosamente, en este tipo de

lanzamiento, una ejecución técnica con tres pasos parece ser demasiado lenta y los defensores podrían defender e interceptar fácilmente los tiros del oponente. Por el contrario, lanzar el balón con cero o un paso da menos tiempo a los porteros y defensas para reaccionar, esto permitiría a los atacantes anticiparse a sus movimientos y ganar ventaja durante el juego (Carbonell et al., 2018). Sin embargo, este enfoque táctico generalmente da como resultado distancias de tiro más largas. Vale la pena señalar que estos resultados están de acuerdo con otros estudios, lo que confirma que cuando la distancia aumenta, la efectividad y la precisión disminuyen (Granados et al., 2007; Rivilla-García et al., 2011; Zapardiel et al., 2019). Además, los jugadores que más utilizan un solo paso para lanzar la pelota son los que lanzan desde distancias cortas, donde el poco tiempo para ejecutar el lanzamiento parece ser el factor clave. Curiosamente, el ciclo de pasos de lanzamiento más común cuando el lanzamiento se realiza entre líneas (6-9 metros) fue con un ciclo completo de pasos (tres pasos). Esta estrategia parece responder a la intención del jugador de acercarse lo máximo posible a la portería contraria, apresurándose a marcar e intentando evitar las acciones anticipadas del portero. Este resultado está de acuerdo con los estudios de Gutiérrez-Dávila, Ortega-Becerra, Párraga, Campos, & Rojas, (2011) y Carbonell et al., (2018).

Por tanto, dentro de los resultados obtenidos destacan aspectos importantes a considerar por los entrenadores/as. El mejor rendimiento se obtiene con lanzamientos entre líneas (6-9 metros) con un ciclo completo de pasos (tres pasos) y ocurre igualmente con los lanzamientos desde más allá de la línea de 9 metros que se realizan mayoritariamente con dos pasos, permitiendo una mayor inercia a la acción de lanzamiento (Lozano et al., 2016). La aplicación práctica de estos resultados sugiere a los entrenadores, plantear tareas de entrenamiento que permitan a los jugadores realizar como mínimo dos pasos, para permitir alcanzar la máxima potencia de lanzamiento. Por otro lado, los lanzamientos desde la línea de 6 metros requieren una gran velocidad de maniobra en poco espacio, por lo que es interesante que, durante los entrenamientos, se realicen tareas de finalización desde 6m, mayoritariamente con cero o un paso. En este sentido, el entrenamiento del manejo del ciclo de pasos relacionado con el lanzamiento es una de las acciones que no pueden faltar a lo largo de la formación del jugador/a de balonmano (Rivilla-García et al., 2011; Zapardiel et al., 2019). Por ello, es importante que los entrenadores/as de balonmano den importancia a la variabilidad del trabajo de

lanzamiento, modificando distancias y utilización del ciclo de pasos, para alcanzar una alta eficacia en todo tipo de acciones.

Para complementar este análisis observacional de las variables determinantes en el lanzamiento, sería procedente, aumentar los partidos analizados, englobando partidos no solo de selecciones nacionales, sino también de clubes de diferentes niveles competitivos. Esto podría ayudarnos a comprender si estas variables son características y limitantes en cada nivel competitivo. Así mismo el estudio en categorías inferiores nos permitiría conocer si estos parámetros cambian con el desarrollo de los jugadores y el mayor dominio técnico de los gestos propios del deporte. Igualmente, sería interesante replicar este estudio en categorías femeninas.

En el caso concreto del análisis de las variables distancia y ciclo de pasos, donde se concluye que es importante plantear un correcto proceso de entrenamiento para la formación del jugador/a de balonmano. Se debe entender, el aumento de la riqueza dinámica que ofrece el dominio del ciclo de pasos. El control del ciclo de paso es una característica esencial para llevar a cabo la acción de lanzamiento con eficacia, y los entrenadores deben proponer ejercicios que modifiquen el ciclo de pasos en todas las edades, siendo el entrenamiento de lanzamientos desde 9 metros con dos pasos es la forma óptima de aumentar el rendimiento en balonmano. Un estudio con intervención donde se evalúe la mejora y el aumento de variabilidad de este gesto técnico, y su correlación con el aumento de la eficacia en situaciones de competición podría corroborar las conclusiones obtenidas.

Por último, los principales hallazgos del efecto de la toma de decisión en el lanzamiento indican existen diferencias significativas entre grupos, con respecto a la velocidad de lanzamiento. Igualmente, nuestro estudio 4, halló importantes diferencias con respecto a la precisión de lanzamiento.

Lamentablemente, existe escasez de estudios sobre la influencia de la toma de decisiones en la velocidad y precisión del lanzamiento en balonmano. Sin embargo, algunos autores confirmaron una influencia negativa de los factores cognitivos (Fleck et al., 1992), y hay investigaciones que encontraron que la toma de decisión influye en la velocidad de lanzamiento (Párraga, Sánchez, & Oña, 2001). Nuestros resultados muestran que, tanto en los jugadores amateurs como los profesionales, la velocidad de lanzamiento

disminuye cuando los jugadores tienen menos tiempo para decidir la localización. Sin embargo, los jugadores profesionales pierden menos velocidad, incluso logran mantenerla, cuando se reduce el tiempo de decisión. Además, cuando se dan instrucciones para la máxima velocidad y precisión, los jugadores profesionales reducen menos su velocidad de lanzamiento que el grupo amateur. Van Den Tillaar & Ettema (2006) argumentan estos hallazgos con el hecho de que los jugadores expertos son capaces de mantener la velocidad, a pesar de las demandas de precisión en los lanzamientos, mientras que los jugadores aficionados disminuyen la velocidad si se enfocan en el rendimiento de la precisión.

Parece evidente, que la toma de decisiones afecta el rendimiento de los lanzamientos debido a la incertidumbre producida por la acción de los defensores o porteros (Rivilla-García, Grande, Sampedro, & Van Den Tillaar, 2011). Posiblemente, en una situación real de juego, la incertidumbre no esté tanto en la posición inicial del portero sino en los indicadores que muestra en sus movimientos y en el tiempo que tarda en mostrar dicho movimiento, así como la posible acción defensiva de otros oponentes (Párraga et al., 2001). Además, cuando se dan instrucciones de máxima velocidad-precisión, se observa que los jugadores profesionales fallan menos tiros que un aficionado en las tres condiciones de toma de decisiones. Esto concuerda con la literatura previa, donde se estudia la relación velocidad-precisión, a pesar de que no existen condiciones para la toma de decisiones (Van den Tillaar & Ettema, 2003a). Esto es consistente con estudios previos (Van den Tillaar & Ettema, 2003b, 2009; Van Den Tillaar & Ettema, 2006) la prioridad de la velocidad no cambia la precisión en los profesionales, lo que sugiere que no hay compensación entre la velocidad y precisión. Una posible razón podría ser que la pelota se lanza a una velocidad superior al 85% de la velocidad máxima, aunque prime la velocidad o la precisión (Van den Tillaar, 2020).

Los resultados evidencian la necesidad de trabajar el lanzamiento en tareas con toma de decisión, aunque se necesitan más investigaciones experimentales para abordar la influencia real y los límites que logra alcanzar un deportista de alto nivel (Gredin, Bishop, Williams, & Broadbent, 2020). Esto ayudaría al entrenador/a a crear tareas con toma de decisión con diseños representativos.

Por tanto, la presencia de oposición, contacto e incertidumbre durante la toma de decisiones en el lanzamiento puede ser el siguiente paso a estudiar en esta línea de

investigación, abriéndose una línea de investigación en la que se debe abordar la relación velocidad-precisión desde las diferentes situaciones que se dan analizándolo durante el juego real.

Por otro lado, el reglamento que rige las normas de juego del balonmano sufre modificaciones constantes en aras de implantar avances tecnológicos y mejorar el espectáculo buscando ganar aficionados y practicantes en este deporte. En la actualidad se están realizando diferentes test de pruebas que ya esta derivando en uno de los cambios más significativos para este deporte, la prohibición de la resina como ayuda para el agarre y adaptación del balón usada en toda Europa en categorías Senior y U-18 (International Handball Federation, 2022). Este producto, que muchos consideran esencia del balonmano, permite un mejor agarre del balón, pero a su vez conlleva consecuencias negativas para los jugadores, además de crear inconvenientes para su uso en algunas instalaciones deportivas, debido a la limpieza específica necesaria para eliminar la resina de suelos y equipamiento deportivo. Por ello, la IHF ha aprobado el uso del balón “Handball d60” de la marca Molten (Rules of the Game, 3.2 b), que en España ya se ha usado en Campeonatos de España de selecciones autonómicas en categorías U-18 y próximamente se utilizarán en Campeonatos mundiales de categorías U-18 y U-16.

En consonancia a esta información, se esta comenzado con los primeros estudios de los cambios producidos en el lanzamiento como consecuencia de esta modificación reglamentaria, con unos primeros resultados que muestran una mayor velocidad con el uso de resina, sin diferencias significativas en la precisión de lanzamiento (Bracamonte, Rivilla, Marquina, Lorenzo, & de la Rubia, 2021). Aunque es fundamental avanzar en la investigación en este aspecto, ampliando la información con nuevos estudios que analicen la relevancia de este cambio de balón en los factores que componen el lanzamiento

Por último, este estudio del lanzamiento podría completarse complementando los existentes análisis biomecánicos de este gesto (Bencke et al., 2002; Serrien, Clijsen, Blondeel, Goossens, & Baeyens, 2015; Skejød, Møller, Bencke, & Sørensen, 2019), observando la capacidad de adaptación a diferentes tipos de lanzamientos y su capacidad para mantener la velocidad y la precisión. Igualmente, profundizando en las posibles correlaciones de la fuerza en los músculos implicados en el lanzamiento y la velocidad de este gesto (Fernandez-Fernandez et al., 2022; Lijewski, Burdukiewicz, Stachoń, &

Pietraszewska, 2021; Løken, Solstad, Stien, Andersen, & Saeterbakken, 2021; Visnapuu & Jürimäe, 2009).

Referencias

- Almeida, A G, Merlin, M., Pinto, A., Torres, R. D. S., & Cunha, S. A. (2019). Performance-level indicators of male elite handball teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1694305>
- Almeida, Alexandre G, Merlin, M., Pinto, A., Torres, R. da S., & Cunha, S. A. (2020). Performance-level indicators of male elite handball teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(1), 1–9.
- Antúnez, A., Ureña, V., Velandrino, A., & García-Parra, M. (2004). Valoración de la efectividad de interceptación con éxito de la portera de balonmano ante el lanzamiento tras la aplicación de un programa perceptivo-motor. *Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 4(15), 192–203.
- Ávila-moreno, F. M., Chirrosa-ríos, L. J., Ureña-, A., Lozano-jarque, D., & Ulloa-díaz, D. (2018). Evaluation of tactical performance in invasion team sports : a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 8668, 1–22. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460054>
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K., & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12(3), 171–178. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2002.01128.x>
- Blanco García, P. (2012). The observational analysis of performance in the handbalís throwing of the Spanish promises selection. *E-Balonmano.com: Journal Sports Science*, 8(2), 83–92.
- Bracamonte, J. A., Rivilla, J., Marquina, M., Lorenzo, J., & de la Rubia, A. (2021). Influencia del uso de resina sobre la velocidad y precisión de los lanzamientos en balonmano. *E-Balonmano.com: Journal of Sports Science*, 17(1).

- Carbonell, V., Fontaina, S., & Ramírez, A. G. (2018). Estudio de las acciones técnico-tácticas realizadas por los porteros de balonmano ante los lanzamientos de pivote. *E-Balonmano.com: Journal Sports Science*, *14*(1), 1–8.
- Castellano, J., Casamichana, D., & Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal of Human Kinetics*, *31*(1), 139–147. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0015-7>
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, *29*(7), 705–713.
- Drezner, R., Lamas, L., Farias, C., Barrera, J., & Dantas, L. (2020). A method for classifying and evaluating the efficiency of offensive playing styles in soccer. *Journal of Physical Education and Sport*, *20*(3), 1284–1294.
- Fernandez-Fernandez, J., Granacher, U., Martinez-Martin, I., Garcia-Tormo, V., Herrero-Molleda, A., Barbado, D., & Garcia-Lopez, J. (2022). Physical fitness and throwing speed in U13 versus U15 male handball players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1), 1–13.
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., ... Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *57*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fleck, S. J., Smith, S. L., Craib, M. W., Denahan, T., Snow, R. E., & Mitchell, M. L. (1992). Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *6*(2), 120–124.
- Gómez, M. A., Lago-Peñas, C., Viaño, J., & González-García, I. (2014). Effects of game location, team quality and final outcome on game-related statistics in professional handball close games. *Kinesiology*, *2*, 249–257.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female

- handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Gredin, N. V., Bishop, D. T., Williams, A. M., & Broadbent, D. P. (2020). The use of contextual priors and kinematic information during anticipation in sport: toward a Bayesian integration framework. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 0(0), 1–25. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1855667>
- Gutiérrez-Dávila, M., Ortega-Becerra, M., Párraga, J., Campos, J., & Rojas, J. (2011). Variabilidad de la secuencia temporal de la cadena cinética en el lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 11(43), 455–471.
- Hammami, R., Sekulic, D., Selmi, M. A., Fadhoun, M., Spasic, M., Uljevic, O., & Chaouachi, A. (2017). Analysis of maturity status as a determinant of the relationships between conditioning capacities and pre-planned agility in young handball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002390>
- 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. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4520. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224520>
- Ibáñez, S., Feu, S., García, J., Parejo, I., & Cañadas, M. (2009). Shot differences between professional (ACB) and amateur (EBA) basketball teams. Multifactorial study. *Revista de psicología Del Deporte*, 18, 313–317.
- Ingebrigtsen, J., Jeffreys, I., & Rodahl, S. (2013). Physical Characteristics and Abilities of Junior Elite Male and Female Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 302–309. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318254899f>
- International Handball Federation. (2022). *IHF Marketing*. Retrieved from <https://www.ihf.info>

- Laffaye, G., Debanne, T., & Choukou, A. M. (2012). Is the ball velocity dependent on expertise? A multidimensional study in handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(3), 629–642.
- Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Stachoń, A., & Pietraszewska, J. (2021). Differences in anthropometric variables and muscle strength in relation to competitive level in male handball players. *Plos One*, 16(12), e0261141.
- Løken, J., Solstad, T. E. J., Stien, N., Andersen, V., & Saeterbakken, A. H. (2021). Effects of bouncing the barbell in bench press on throwing velocity and strength among handball players. *PloS One*, 16(11), e0260297.
- Lozano, D., Camerino, O., & Hileno, R. (2016). Interacción dinámica ofensiva en balonmano de alto rendimiento. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 125, 90–110. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/3\).125.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/3).125.08)
- Moreno, F. M. Á. (2003). Aplicación de un sistema observacional para el análisis del lanzamiento en balonmano en el Mundial de Francia 2001. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 1(71), 100–108.
- Párraga, J., Sánchez, A., & Oña, A. (2001). Ball speed and accuracy of the handball jump throw as parameters of performance. *Apunts: Educaciòn Fisicay Deportes*, 66, 44–51.
- Rivilla-Garcia, J., Grande, I., Sampedro, J., & Van Den Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(3), 534.
- Rivilla-García, J., Martínez, I., Grande, I., & Sampedro-Molinuevo, J. (2011). Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 414–426. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.22>
- Román Seco, J. de D. (2008). Táctica colectiva grupal en ataque: Los modelos en el balonmano español.[Tactical collective of group in attack: The models spanish handball]. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 4(2), 29–51.

- Saavedra, J. M., Halldórsson, K., Kristjánisdóttir, H., Þorgeirsson, S., & Sveinsson, G. (2019). Anthropometric characteristics, physical fitness and the prediction of throwing velocity in handball men young players. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, *51*(2.), 253–260.
- Saavedra, J. M., Kristjánisdóttir, H., Einarsson, I. P., Guðmundsdóttir, M. L., Þorgeirsson, S., & Stefansson, A. (2018). Anthropometric characteristics, physical fitness, and throwing velocity in elite women's handball teams. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(8), 2294–2301.
- Schwesig, R., Hermassi, S., Fieseler, G., Irlenbusch, L., Noack, F., Delank, K., ... Chelly, M. S. (2017). Anthropometric and physical performance characteristics of professional handball players: influence of playing position and competitive level. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *57*, 1471–1478. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06413-6>
- Serrien, B., Clijsen, R., Blondeel, J., Goossens, M., & Baeyens, J.-P. (2015). Differences in ball speed and three-dimensional kinematics between male and female handball players during a standing throw with run-up. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *7*(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-015-0021-x>
- Skejø, S. D., Møller, M., Bencke, J., & Sørensen, H. (2019). Shoulder kinematics and kinetics of team handball throwing: A scoping review. *Human Movement Science*, *64*, 203–212.
- Skoufas, D. K. (2003). The relationship between the anthropometric variables and the throwing handball performance Spinal excitability during postural sway in elderly and young adults View project Beach handball event management View project. *Journal of Human Movement Studies*, *45*(5), 469–484.
- Van den Tillaar, R. (2020). The Effects of Target Location Upon Throwing Velocity and Accuracy in Experienced Female Handball Players. *Frontiers in Psychology*, *11*(8). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02006>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003a). Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *96*(2), 423–434.

- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003b). Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *97*(3), 731–742.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2004). Effect of body size and gender in overarm throwing performance. *European Journal of Applied Physiology*, *91*(4), 413–418.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2009). A comparison of overarm throwing with the dominant and nondominant arm in experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *109*(1), 315–326. <https://doi.org/10.2466/PMS.109.1.315-326>
- Van Den Tillaar, R., & Ettema, G. (2006). A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, *103*(2), 503–514. <https://doi.org/10.2466/PMS.103.2.503-514>
- Vandendriessche, J. B., Vaeyens, R., Vandorpe, B., Lenoir, M., Lefevre, J., & Philippaerts, R. M. (2012). Biological maturation, morphology, fitness, and motor coordination as part of a selection strategy in the search for international youth soccer players (age 15–16 years). *Journal of Sports Sciences*, *30*(15), 1695–1703.
- Visnapuu, M., & Jürimäe, T. (2009). Relations of anthropometric parameters with scores on basic and specific motor tasks in young handball players. *Perceptual and Motor Skills*, *108*(3), 670–676.
- Zapardiel, J. C., Vila Suárez, H., Manchado, C., Rivilla García, J., & Van den Tillaar, R. (2019). Effect of opposition and effectiveness of throwing from first and second line in male elite handball during competition. *Kinesiology Slovenica*, *25*(1), 35–44.
- Zapartidis, I., Palamas, A., Papa, M., Tsakalou, L., & Kotsampouikidou, Z. (2016). Relationship among anthropometric characteristics, handgrip strength and throwing velocity in adolescent handball players. *Journal of Physical Education and Sports Management*, *3*(1), 127–139.

9 LIMITACIONES

A lo largo de este apartado se describen las limitaciones encontradas durante el desarrollo de los artículos que conforman la presente tesis doctoral.

En primer lugar, en el primer estudio no se consideró la experiencia formativa previa, descartando, en consecuencia, la probable contribución a la VL del aprendizaje coordinativo dependiendo de la experiencia en el gesto técnico del lanzamiento. Además, aunque si sabemos que los equipos de elite presentan valores más altos de masa corporal y masa grasa libre que los jugadores amateur (Gorostiaga et al., 2005), el protocolo planteado en el estudio 1 fue realizado únicamente por jugadores aficionados de balonmano, por lo que no se tuvieron en cuenta los resultados de las correlaciones entre las variables antropométricas y el VL en los jugadores de balonmano de élite. Los jugadores analizados son todos de la localidad de Zaragoza, España, lo que podría condicionar las características antropométricas estudiadas, ya que estas son muy variables en función de los países de referencia (Pontaga & Zidens, 2012).

Otra de las limitaciones que encontramos fue la dificultad para encontrar artículos en los que se estudie la toma de decisión en el balonmano. Existiendo un mayor número de estudios sobre la toma de decisión acerca de la labor de los árbitros (Morillo, Reigal, Hernández-Mendo, Montaña, & Morales-Sánchez, 2017; Souchon, Coulomb-Cabagno, Traclet, & Rascle, 2004), el entrenador (Debanne, Angel, & Fontayne, 2014) o porteros (Le Menn, Bossard, Travassos, Duarte, & Kermarrec, 2019) en comparación con la toma de decisión en el gesto específico del lanzamiento de los jugadores (Rivilla-García, Molinuevo, Valdivielso, & Ortiz, 2010), pese a la conocida importancia de este gesto para el resultado final de los partidos (Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005). Esto puede ser debido a que unas condiciones estables y repetitivas condicionarían en exceso en análisis realizado, eliminando el proceso de toma de decisión propiamente dicho (Weigel, 2018) y convirtiéndose en un ejercicio de automatización-memorización. La implicación de la oposición y de la alta variabilidad en estos test tiene además, como consecuencia la dificultad, de conseguir condiciones estables en los test utilizados que permitan replicar estos análisis de la toma de decisión.

Una limitación del artículo 2 y 3, es la omisión de las variables contextuales en competición (fase de campeonato, puntaje parcial, resultado parcial del partido, momentos críticos). Tener en cuenta estas variables podría mejorar la consistencia del

modelo de análisis. Asimismo, el tipo de competición incluye partidos de la fase final y partidos de la fase de grupos, además de otros basados en la fase eliminatoria que pueden haber influido en el comportamiento de los equipos analizados.

Igualmente, no se encontraron investigaciones en situaciones reales de juego de las variables estudiadas, por la dificultad de la toma de datos. Aunque si encontramos un artículo sobre el análisis de la velocidad de lanzamiento en competición real con situaciones tácticas (Vila & Ferragut, 2019), son inexistentes los estudios que miden la toma de decisión en situaciones de competición real.

Por otro lado, en el último artículo 4, solo se midieron lanzamientos de 9 m desde el centro de la portería sin oposición. Debemos enfatizar que la derivación del comportamiento real requiere un mayor ajuste del método en el diseño experimental. No está claro si el conocimiento adquirido en este estudio refleja el comportamiento de juego real de los jugadores. Durante los partidos de balonmano, los jugadores también lanzan a la portería desde otras posiciones, y en su mayoría con un portero y defensores en el medio (Michalsik et al., 2015). Además, solo se midió a los hombres. Las mujeres, en general, lanzan más lento (Van den Tillaar & Cabri, 2012) y quizás, por lo tanto, tienen un perfil de precisión de velocidad diferente al de los hombres. El nivel de experiencia de los jugadores fue alto, pero con un nivel más alto (internacional), los hallazgos podrían ser diferentes, lo que debe investigarse en nuevos estudios antes de que podamos generalizar los hallazgos a poblaciones más grandes. A su vez, faltan estudios que analicen el último apoyo realizado dentro de la ejecución técnica del lanzamiento del balón.

Finalmente, una de las limitaciones que influye en la toma de decisión durante el lanzamiento, es que la realidad del juego contempla la oposición continua del portero y en muchas ocasiones, la de otros defensores. Igualmente, en futuras investigaciones se pretende añadir la opción de pase cercano o pase lejano a la toma de decisión, para que el jugador tenga que elegir entre pasar o lanzar con precisión y velocidad en una misma acción.

Referencias

- Debanne, T., Angel, V., & Fontayne, P. (2014). Decision-making during games by professional handball coaches using regulatory focus theory. *Journal of Applied Sport Psychology*, 26(1), 111–124.
- 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>
- Le Menn, M., Bossard, C., Travassos, B., Duarte, R., & Kermarrec, G. (2019). Handball Goalkeeper Intuitive Decision-Making: A Naturalistic Case Study. *Journal of Human Kinetics*, 70(1), 297–308.
- Michalsik, L. B., & Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(9), 878–891.
- Morillo, J. P., Reigal, R. E., Hernández-Mendo, A., Montaña, A., & Morales-Sánchez, V. (2017). Decision-making by handball referees: design of an ad hoc observation instrument and polar coordinate analysis. *Frontiers in Psychology*, 8, 1842.
- Pontaga, I., & Zidens, J. (2012). Comparison of anthropometric and performance characteristics in amateur and professional level handball players. *LASE Journal of Sport Science*, 3(1), 47–54.
- Rivilla-García, J., Molinuevo, J. S., Valdivielso, F. N., & Ortiz, M. J. G. (2010). Influencia de la oposición en la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano de élite, amateur y formación.(Influence of the opposition in throwing velocity in elite, amateur and formative handball players). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*. Doi: 10.5232/Ricyde, 6(18), 91–99.
- Souchon, N., Coulomb-Cabagno, G., Traclet, A., & Rasclé, O. (2004). Referees' decision making in handball and transgressive behaviors: Influence of stereotypes about gender of players? *Sex Roles*, 51(7), 445–453.
- Van den Tillaar, R., & Cabri, J. M. H. (2012). Gender differences in the kinematics and

ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 30(8), 807–813. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.671529>

Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724–736.

Weigel, P. (2018). Decision-Making in Modern Handball. In *Handball Sports Medicine* (pp. 627–637). Springer.

10 CONCLUSIONES

I. El IMC, la envergadura de brazos y la altura han demostrado ser buenos predictores de VL en jugadores amateurs de balonmano. Los hallazgos reportados aquí hacen que los científicos del deporte y los entrenadores distingan claramente las diferentes variables que influyen en el VL a diferentes edades y, por lo tanto, facilitan su trabajo no solo en la mejora del lanzamiento, sino también en el proceso de recuperación tras lesión y su regreso al juego. Así pues, dado que los parámetros antropométricos aquí analizados son fáciles de evaluar, estos podrían ser tenidos en cuenta por los entrenadores/as de forma sistemática a lo largo de la carrera deportiva de los jugadores/as permitiendo conocer, desde un punto de vista práctico, su evolución y la influencia de la morfología corporal en la velocidad de lanzamiento.

II. En términos del análisis descriptivo en campeonatos de selección masculina, de los últimos tres años, la cantidad de lanzamientos en semifinales y finales tiene una ligera tendencia a la baja en comparación con el campeonato anterior.

III. Las relaciones observadas en la investigación sugieren que el resultado de un lanzamiento depende de la distancia y el tipo de lanzamiento. Por lo tanto, la búsqueda de acciones de lanzamiento efectivas motiva a los equipos a adaptar sus sesiones de entrenamiento para optimizar la búsqueda de situaciones de gol cercanas a la portería de balonmano. Es importante aumentar el tiempo de entrenamiento de los lanzamientos en balonmano para mejorar su variabilidad.

IV. El mayor porcentaje de tiros en balonmano se realizan con dos pasos previos al lanzamiento. Desde más allá de la línea de 9 metros se realizan mayoritariamente con dos pasos, los lanzamientos entre 6 y 9 metros se ejecutan en mayor medida con un ciclo previo de tres pasos. Los lanzamientos desde la línea de 6 metros se realizan mayoritariamente con cero o un paso. Además, la mayoría de los lanzamientos que se ejecutaron con el ciclo completo de pasos, tres pasos, se realizaron con el último pie de apoyo natural.

V. Es importante plantear un correcto proceso de entrenamiento para la formación del jugador de balonmano, donde se aproveche la riqueza dinámica que ofrece el dominio del ciclo de pasos. El control del ciclo de paso es una característica esencial para llevar a cabo la acción de lanzamiento con eficacia. Los entrenadores deben proponer ejercicios que modifiquen el ciclo de pasos en todas las edades. Entrenar lanzamientos desde nueve metros con dos pasos es la forma óptima de aumentar el rendimiento en balonmano.

VI. Existe una correlación entre la capacidad de salto y la velocidad de lanzamiento, así como con la toma de decisión con tiempos de aparición del estímulo rápidos. En jugadores profesionales, la capacidad de salto se correlaciona también con la precisión con tiempos de aparición del estímulo más tardíos.

VII. La velocidad de lanzamiento disminuye cuando los jugadores tienen menos tiempo para decidir el ángulo de localización. Sin embargo, existen diferencias

significativas entre los jugadores profesionales y amateurs, ya que pueden perder menos velocidad, e incluso mantenerla.

VIII. Los lanzamientos con toma de decisión realizados con una precisión correcta, son indicadores de la categoría, amateur o profesional, en la que compiten los jugadores estudiados.

11 ANEXOS

Se adjuntan los siguientes ANEXOS:

- ANEXO 1: FI-379. Aceptación escrita de los coautores para que el doctorando presente el trabajo como tesis doctoral.
- ANEXO 2: Memoria económica
- ANEXO 3: Información al participante
- ANEXO 4: Informe positivo del comité de ética
- ANEXO 5: Autorización clubes participantes

11.1 ANEXO 1. FI-379. Aceptación de coautores de publicaciones en tesis doctorales por compendio de artículos

Aceptación de Coautores de Publicaciones en Tesis Doctorales por Compendio de Artículos



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	08989058Z
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Zapardiel Cortés, Juan Carlos
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Biomedical Science Department, Alcala University, 28054 Alcalá de Henares, Madrid, Spain; juancarloszapardiel@gmail.com
Categoría <i>Academic category</i>	PDI. Contratado Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages.
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	32804344-L
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Saavedra García, Jose Miguel
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Physical Activity, Physical Education, Sport and Health (PAPESH) Research Centre, Sports Science Department, School of Social Sciences, Reykjavik University, IS-101 Reykjavik, Iceland; saavedra@ru.is
Categoría <i>Academic category</i>	PhD. Profesor Titular
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 1: Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its
presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	48500181N
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Jaén-Carrillo, Diego
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain; djaen@usj.es
Categoría <i>Academic category</i>	PhD. Ayudante Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 1: Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its
presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	09015146C
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Lozano Jarque, Demetrio
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain; dlozano@usj.es
Categoría <i>Academic category</i>	PhD. Ayudante Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 1: Relationship between Anthropometric Parameters and Throwing Speed in Amateur Male Handball Players at Different Ages Art. 2: Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball Art. 3: Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball Art. 4: Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its
presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	73012041J
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Mainer-Pardos, Elena
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain; epardos@usj.es
Categoría <i>Academic category</i>	PhD. Ayudante Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 2: Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball Art. 3: Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball Art. 4: Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its
presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	08809044-K
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	ANTÚNEZ MEDINA, ANTONIO
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Research Group in Optimization of Training and Sports Performance (GOERD), University of Extremadura, 10005 Cáceres, Spain; antunez@unex.es
Categoría <i>Academic category</i>	Ayudante Dortor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 2: Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	73014006T
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Larroy González, Juan
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Club "Balonmano La jota". Zaragoza, España.
Categoría <i>Academic category</i>	Colaborador
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 2: Determinant Factors for Throwing in Competition in Male Elite Handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*

RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of my PhD Thesis*

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	53540254A
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Cartón-Lorente, Antonio
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain; acarton@usj.es
Categoría <i>Academic category</i>	PhD. Ayudante Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art.3- Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball Art. 4: Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	30237588V
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Luis Alberto Marco Contreras
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain;
Categoría <i>Academic category</i>	PhD. Ayudante Doctor
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art.3- Analysis of the Steps Cycle in the Action of Throwing in Competition in Men's Elite Handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*



ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its presentation as part of a PhD Thesis*

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	73013709W
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Cristian Rosell Chicón
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Health Sciences Faculty, Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, 50830 Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain;
Categoría <i>Academic category</i>	Colaborador
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 4: Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 6 de abril de 2022

Firma / *Signature*

RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of my PhD Thesis*

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signature*



**ACEPTACIÓN ESCRITA DE LOS COAUTORES PARA QUE EL DOCTORANDO PRESENTE EL
TRABAJO COMO TESIS DOCTORAL / *Written acceptance of the co-authors of a research publication for its
presentation as part of a PhD Thesis***

Datos del coautor / *co-author data*

DNI/NIE/PASAPORTE <i>Identity number</i>	05937188Z
Apellidos, nombre del coautor <i>Coauthor's surname, name</i>	Gustavo García Buendía
Institución, departamento, universidad de pertenencia <i>Affiliation, Department, University</i>	Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Granada
Categoría <i>Academic category</i>	Estudiante de doctorado
Doctor/a	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No (rellenar el apartado de renuncia / <i>please fill in the resignation below</i>)
Título de las publicaciones <i>Title of the research publications affected</i>	Art. 4: Effects of decision making on the speed and accuracy of throwing jump in handball
Apellidos, nombre del doctorando <i>PhD student's surname, name</i>	Tuquet Higuera, Jaime

Acepto que la publicación mencionada sea presentada por el doctorando como trabajo que forma parte de su tesis doctoral / *Hereby I accept that the above mentioned research publication is presented by the PhD student as part of its PhD Thesis.*

En Villanueva de Gállego, a 4 de abril de 2022

Firma / *Signature*

**RENUNCIA DEL COAUTOR NO DOCTOR A PRESENTAR EL TRABAJO COMO
PARTE DE OTRA TESIS DOCTORAL / *Resignation of the co-author to use the research publication as part of
my PhD Thesis***

Renuncio a presentar las publicaciones mencionadas como parte de otra tesis doctoral / *I resign to use the mentioned publications as part of my PhD Thesis*

Firma / *Signatura*

11.2 ANEXO 2. Memoria económica



Avda. San Juan Bosco, 13. 50009 Zaragoza

MEMORIA ECONÓMICA-UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN INVESTIGACIÓN

El fin de este documento es disponer de la información necesaria para garantizar un uso adecuado y eficiente de los recursos tales como tiempo de los profesionales, aparataje y dispositivos, pruebas complementarias, que son necesarios para desarrollar el proyecto. Indique si forman parte de los que se utilizan en la práctica clínica habitual del servicio en que lo va a desarrollar o si precisa de recursos y pruebas diagnósticas adicionales. Marque lo que proceda:

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DEL LANZAMIENTO EN BALONMANO. ANALISIS DE LA TÉCNICA Y EFICACIA DE LANZAMIENTO, DE LA IMPLICACIÓN DE LOS FACTORES ANTROPOMÉTRICOS, BIOMECÁNICOS Y MUSCULARES EN LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO Y DE RELEVANCIA DE LA TOMA DE DECISIÓN Y LA PRECISIÓN, EN ALTO RENDIMIENTO EN BALONMANO MASCULINO

1. Uso de recursos:

	SI	NO
Dispone de financiación específica para el desarrollo del proyecto Especifique la fuente de financiación:		X
En caso afirmativo indique la cantidad y la procedencia de los fondos. En caso de convocatoria competitiva se debe adjuntar e l presupuesto concedido desglosado		
¿Requiere colaboración de personal del Servicio para el desarrollo del Proyecto de Investigación?		X
En caso afirmativo indique el nombre y su función o actividad en el desarrollo del proyecto:		
¿Requiere participación del personal de otros Servicios para el desarrollo del Proyecto de Investigación?		X
En caso afirmativo indique el nombre y su función o actividad en el desarrollo del proyecto, y recoja la firma del Jefe de Servicio correspondiente:		
¿Requiere sólo pruebas diagnósticas utilizadas en la práctica clínica habitual para los pacientes incluidos en el estudio?	x	
¿Requiere pruebas diagnósticas adicionales a las de la práctica clínica habitual realizadas en el propio servicio?		x
En caso afirmativo indique cuáles. Valore el coste de las pruebas en el apartado 2		
¿Requiere pruebas diagnósticas adicionales a las de la práctica clínica habitual realizadas en otros servicios?		x
En caso afirmativo indique cuáles y haga constar la aceptación expresa del jefe del servicio o unidad. Valore el coste de las pruebas en el apartado 2		

2. Valoración coste pruebas diagnósticas adicionales a la práctica asistencial:

Prueba	Coste unitario	Nº pruebas	Coste total

3. Conformidad de los responsables de los servicios implicados (NECESARIA SIEMPRE):

Firma Nombre: Demetrio Lozano Jarque		Firma Nombre:
---	--	------------------

4. Conformidad de la Dirección/responsable del centro en que se desarrollará el proyecto (sólo es necesaria en caso de utilización de recursos adicionales):

Firma Nombre: Demetrio Lozano Jarque	
---	--

11.3 ANEXO 3. Información al participante



Documento de información para el participante (Versión 2 – 29/04/2021)

NOMBRE DEL PROYECTO:

“ESTUDIO DEL LANZAMIENTO EN BALONMANO. ANALISIS DE LA TÉCNICA Y EFICACIA DE LANZAMIENTO, DE LA IMPLICACIÓN DE LOS FACTORES ANTROPOMÉTRICOS, BIOMECÁNICOS Y MUSCULARES EN LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO Y DE RELEVANCIA DE LA TOMA DE DECISIÓN Y LA PRECISIÓN, EN ALTO RENDIMIENTO EN BALONMANO MASCULINO”

CONSIDERACIONES GENERALES:

Este documento sirve para que usted dé su consentimiento para su participación en este proyecto de investigación. Eso significa que nos autoriza a realizar aquellos procedimientos necesarios para llevar a cabo el estudio.

Su participación es voluntaria y usted podrá revocar este consentimiento cuando lo desee. De su rechazo no se derivará ninguna consecuencia adversa respecto a la calidad del resto de la atención recibida.

Las pruebas propuestas no conllevan dolor ni riesgo ninguno para su salud, todas ellas se basan en mediciones antropométricas o de gestos deportivos. Todas las valoraciones están incluidas por los clubs en sus programaciones de entrenamiento, por lo que en caso de lesión deberá acudir a la mutua médica contratada por su club y/o federación

Antes de firmar es importante que lea con detenimiento la información siguiente:

Este estudio consiste en el análisis de diferentes factores que influye en el lanzamiento en balonmano, por este motivo necesitamos contar con jugadores de diferentes edades y niveles que nos permitan valorar la influencia de estos factores en las diferentes etapas.

El objetivo principal del estudio será:

- Analizar la relación de factores antropométricos en la velocidad de lanzamiento.
- Analizar la técnica y biomecánica del lanzamiento en el alto rendimiento
- Analizar la relevancia de la velocidad, precisión y toma de decisión en el lanzamiento de balonmano.

La finalidad de este proyecto será:

- Realizar un estudio del lanzamiento en balonmano masculino.

PLANIFICACIÓN:

Todas las pruebas se realizarán en la sala de valoraciones de la Universidad San Jorge, en su horario de entrenamiento. Desde el estudio no se dará ningún tipo de compensación por participar en el mismo, organización del transporte quedará a cargo del club de procedencia.

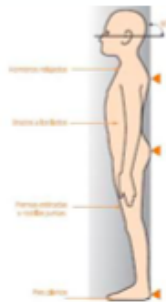
- Primera visita:
 - Se explicará la planificación general, indicando test, etc.
 - Se recogerán los datos de la muestra y se realizarán las mediciones antropométricas y se analizará la velocidad de lanzamiento.
- Segunda visita:
 - Se realizarán mediciones de salto, de velocidad de lanzamiento y de la toma de decisión.

PRUEBAS:

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Para la medición descrita a continuación, se utilizará el protocolo de marcaje y medición de la International Society for the Advancement in Kineanthropometric (ISAK):

- **Talla de pie (cm):** El sujeto se situará con sus escápulas, nalgas y talones pegados a la pared. El cuello se mantendrá en una posición natural, los talones se tocarán entre sí y las puntas de los pies se mantendrán rectas. Colocaremos la cabeza en el plano de Frankfort. Se utilizará un estadiómetro portátil (SECA 222, SECA, Hamburgo, Alemania).



- **Talla sentado (cm):** El sujeto se sentará en un banco de 30 cm, la cabeza se colocará en el plano de Frankfort, el tronco recto formando un ángulo de 90°, manos apoyadas en los muslos y los pies apoyados en el suelo. Se utilizará un estadiómetro portátil (SECA 222, SECA, Hamburgo, Alemania).



- **Peso (kg):** El sujeto siguiendo los protocolos marcados por la herramienta de medición se subirá al analizador. Se obtendrán los valores de peso (kg). Se utilizará un analizador portátil tetrapolar (SECA 769, SECA, Hamburgo, Alemania).

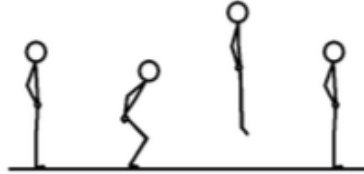
- **Medición longitud del brazo.** Se midió la extensión del brazo y la distancia desde el borde de un brazo (medido en la yema de los dedos) al otro se determinó por medio de una cinta métrica (Lufkin W606PM, Apex Tool Group, Maryland, EE. UU.), de pie contra una pared plana, abducción del brazo de 90 °, codos y muñecas extendidos y palmas mirando hacia delante.

- **Medición tamaño de la mano.** Se midió la extensión de la mano y la distancia desde la punta del pulgar hasta se determinó la punta del dedo meñique de la mano extendida con una cinta antropométrica metálica (Lufkin W606PM, Apex Tool Group, Maryland, EE. UU.)

MEDIDAS DE RENDIMIENTO FÍSICO

-**Salto vertical con contramovimiento bilateral (CMJ):** el sujeto se encontrará en una posición erguida con las manos en su cintura y deberá realizar un salto vertical después del contramovimiento hacia abajo. Durante la acción de flexión, el tronco

permanecerá lo más erguido posible para evitar cualquier influencia sobre el rendimiento de los miembros inferiores. Se utilizará la herramienta My Jump 2.



Video explicativo (App MyJump): <https://www.youtube.com/watch?v=vt0hX1P0QP0>

- **Salto vertical con contramovimiento unilateral (CMJ):** el sujeto se encontrará en una posición erguida con las manos en su cintura, apoyando únicamente un pie en el suelo y manteniendo la otra pierna doblada en 90°. A continuación deberá realizar un salto vertical después del contramovimiento hacia abajo. Durante la acción de flexión, el tronco permanecerá lo más erguido posible para evitar cualquier influencia sobre el rendimiento de los miembros inferiores. Se utilizará la herramienta My Jump 2.

- **Análisis de la velocidad de lanzamiento:** el sujeto se colocará a estático y tras realizar dos pasos realizará un lanzamiento en salto con un armado tradicional de balonmano (90° grados y por encima de la cabeza). El salto deberá realizar con la pierna contraria al brazo ejecutor. Se medirá con una pistola radar (Stalker Pro 2 Radar Gun, Applied100 Concepts, Inc./Stalker Radar, Texas, USA).

- **Análisis de la toma de decisión en el lanzamiento:** el sujeto se colocará a estático y tras realizar dos pasos realizará un lanzamiento en salto con un armado tradicional de balonmano (90° grados y por encima de la cabeza). El salto deberá realizar con la pierna contraria al brazo ejecutor y sobre una plataforma de contacto situada en 9 metros. El sujeto deberá lanzar sobre una luz, que se encenderá con diferente retardo según el nivel analizado, antes de caer al suelo.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN



- Que el padre/madre o tutor de los jugadores menores de edad, firme el consentimiento informado.
- Que los jugadores mayores de edad, firmen el consentimiento informado.
- Que el jugador esté sano y no sufra ninguna lesión músculo-esquelética, en los tres meses previos a la recogida de datos, o de hombro, en los 5 años previos, que pueda modificar el resultado obtenido en el momento del estudio.
- Cumplir con el seguimiento de los diferentes test y pruebas.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- No firmar el consentimiento informado.
- Padecer alguna lesión músculo-esquelética o no estar sana, en los tres meses previos a la recogida de datos, o de hombro, en los 5 años previos, que pueda modificar el resultado obtenido en el momento del estudio.
- No realizar la totalidad de los test.
- Jugar en la posición de portero.

Su participación es muy importante para nosotros, permitiéndonos recabar datos que nos ayuden a comprender mejor la influencia de diferentes factores en el lanzamiento en balonmano y, por tanto, poder diseñar programas de entrenamiento más precisos para la mejora de este gesto fundamental.

Agradecemos de antemano su colaboración, para cualquier duda que pudiera surgir, el responsable del proyecto será:

Jaime Tuquet Higuera

Email: ituquet@usj.es

Teléfono: 699 62 47 33



Consentimiento informado

Para satisfacción de los Derechos del Participante, como instrumento favorecedor del correcto uso de los procedimientos de valoración:

Yo, D/Dña. _____, como padre/madre o tutor legal del participante/voluntario, en pleno uso de mis facultades, libre y voluntariamente,

EXPONGO: que he sido debidamente INFORMADO/A por D/Dña. _____, en entrevista personal realizada el día ____ de _____ de _____, de que entro a formar parte de un proyecto de investigación para el estudio de "ESTUDIO DEL LANZAMIENTO EN BALONMANO. ANALISIS DE LA TÉCNICA Y EFICACIA DE LANZAMIENTO, DE LA IMPLICACIÓN DE LOS FACTORES ANTROPOMÉTRICOS, BIOMECÁNICOS Y MUSCULARES EN LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO Y DE RELEVANCIA DE LA TOMA DE DECISIÓN Y LA PRECISIÓN, EN ALTO RENDIMIENTO EN BALONMANO MASCULINO".

MANIFIESTO: que he entendido y estoy satisfecho de todas las explicaciones y aclaraciones recibidas sobre el proceso de valoración citado. Y OTORGO MI CONSENTIMIENTO para que me sea realizado este estudio titulado "ESTUDIO DEL LANZAMIENTO EN BALONMANO. ANALISIS DE LA TÉCNICA Y EFICACIA DE LANZAMIENTO, DE LA IMPLICACIÓN DE LOS FACTORES ANTROPOMÉTRICOS, BIOMECÁNICOS Y MUSCULARES EN LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO Y DE RELEVANCIA DE LA TOMA DE DECISIÓN Y LA PRECISIÓN, EN ALTO RENDIMIENTO EN BALONMANO MASCULINO" por parte de los investigadores de este proyecto de investigación.

De acuerdo con el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD), el participante y/o sus padres o tutores legales quedan informados de que el responsable del tratamiento de sus datos personales será FUNDACION UNIVERSIDAD SAN JORGE.

Todos los datos personales, serán tratados por el equipo investigador conforme a las leyes en vigor en la materia, especialmente el RGPD, únicamente con fines estadísticos, científicos y de investigación, para extraer conclusiones del proyecto en el que participa.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código de manera que no se pueda identificar a los participantes y su identidad no será revelada de ninguna manera excepto en los casos legalmente previstos. Cualquier publicación de los resultados de la investigación, estadísticos o científicos, reflejará únicamente datos disociados que impidan la identificación de los participantes en el estudio.



Como participante en el estudio puede ejercitar sus derechos de acceso, modificación, oposición, cancelación, limitación del tratamiento y portabilidad, dirigiéndose al Delegado de Protección de Datos de la Universidad adjuntando a su solicitud de ejercicio de derechos una fotocopia de su DNI o equivalente al domicilio social de USJ sito en Autovía A-23 Zaragoza- Huesca, km. 299, 50830- Villanueva de Gállego (Zaragoza), o la dirección de correo electrónico privacidad@usi.es. Asimismo, tiene derecho a dirigirse a la Agencia Española de Protección de Datos en caso de no ver correctamente atendido el ejercicio de sus derechos.

El participante podrá retirarse del estudio en cualquier momento comunicándose al investigador principal, si bien queda informado de que sus datos no podrán ser eliminados para garantizar la validez de la investigación y garantizar el cumplimiento de los deberes legales del responsable.

Igualmente queda informado de que los resultados del presente proyecto podrán ser usados en el futuro en otros proyectos de investigación relacionados con el campo de estudio objeto del presente, así como que tiene derecho a ser informado sobre los resultados del estudio en el caso de que así lo solicite.

Y, para que así conste, firmo el presente documento

Villanueva de Gállego, a ___ de _____ de _____

Firma del paciente y nº DNI	Firma del investigador y nº DNI

11.4 ANEXO 4. Comité de ética de los estudios



**Informe Dictamen Favorable
Trabajos académicos**

C.P. - C.I. PI21/200

19 de mayo de 2021

Dña. María González Hincos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que del Trabajo:

Título: Estudio del lanzamiento en balonmano, análisis de la técnica y eficacia de lanzamiento, de la implicación de los factores antropométricos, biomecánicos y musculares en la velocidad de lanzamiento y de relevancia de la toma de decisión y la precisión, en alto rendimiento en balonmano masculino.

**Alumno: Jaume Tuquet Higuera
Director: Demetrio Lozano Jarque**

**Versión protocolo: v2
Versión documento de información y consentimiento: v2**

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la obtención de los permisos necesarios para el acceso a los datos, el adecuado tratamiento de los datos en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del proyecto.**

Lo que firmo en Zaragoza

GONZALEZ HINJOS MARIA - DNI 03857456B
Firmado digitalmente por GONZALEZ HINJOS MARIA - DNI 03857456B
Fecha: 2021.05.21 12:06:16 +02'00'

María González Hincos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

11.5 ANEXO 5. Autorización clubes participantes



AUTORIZACIÓN CLUBES PARTICIPANTES

Javier Bailo Sádaba con DNI 72989805H
 como responsable del club Maristas Zaragoza autoriza que los jugadores de su club participen en el estudio "Estudio del lanzamiento en balonmano. Análisis de la técnica y eficacia de lanzamiento, de la implicación de los factores antropométricos, biomecánicos y musculares en la velocidad de lanzamiento y de relevancia de la toma de decisión y la precisión, en alto rendimiento en balonmano masculino", dirigido por Jaime Tuquet y Demetrio Lozano, como parte de su entrenamiento.

Para ello deberán desplazarse a las instalaciones de la Universidad San Jorge, en el día y hora indicados. El club acordará con los jugadores el medio de transporte utilizado, utilizando el procedimiento habitual para el transporte a sus actividades. Los jugadores estarán cubiertos en todo momento por el seguro deportivo contratado por el club y la federación aragonesa de balonmano para toda actividad deportiva incluida en la dinámica de entrenamientos de los equipos.

Zaragoza, a 4 de noviembre de 2020...

Firma del responsable y sello del club	Firma del investigador y nº DNI
	 36176442H





AUTORIZACIÓN CLUBES PARTICIPANTES

CARLO ANONITA con DNI 25.21.04.33-B
 como responsable del club BAJONMANO DOMINICOSTARAGUENSE autoriza que los jugadores de su club participen en el estudio "Estudio del lanzamiento en balonmano. Análisis de la técnica y eficacia de lanzamiento, de la implicación de los factores antropométricos, biomecánicos y musculares en la velocidad de lanzamiento y de relevancia de la toma de decisión y la precisión, en alto rendimiento en balonmano masculino", dirigido por Jaime Tuquet y Demetrio Lozano, como parte de su entrenamiento.

Para ello deberán desplazarse a las instalaciones de la Universidad San Jorge, en el día y hora indicados. El club acordará con los jugadores el medio de transporte utilizado, utilizando el procedimiento habitual para el transporte a sus actividades. Los jugadores estarán cubiertos en todo momento por el seguro deportivo contratado por el club y la federación aragonesa de balonmano para toda actividad deportiva incluida en la dinámica de entrenamientos de los equipos.

Zaragoza, a 7 de NOVIEMBRE de 2020

Firma del responsable y sello del club	Firma del investigador y nº DNI
	 36176442H



AUTORIZACIÓN CLUBES PARTICIPANTES

FERNANDO UDINA VILLACAMPA con DNI 18006201 F
 como responsable del club BALONMANO HUESCA autoriza que los jugadores de su club participen en el estudio "Estudio del lanzamiento en balonmano. Análisis de la técnica y eficacia de lanzamiento, de la implicación de los factores antropométricos, biomecánicos y musculares en la velocidad de lanzamiento y de relevancia de la toma de decisión y la precisión, en alto rendimiento en balonmano masculino", dirigido por Jaime Tuquet y Demetrio Lozano, como parte de su entrenamiento.

Para ello deberán desplazarse a las instalaciones de la Universidad San Jorge, en el día y hora indicados. El club acordará con los jugadores el medio de transporte utilizado, utilizando el procedimiento habitual para el transporte a sus actividades. Los jugadores estarán cubiertos en todo momento por el seguro deportivo contratado por el club y la federación aragonesa de balonmano para toda actividad deportiva incluida en la dinámica de entrenamientos de los equipos.

Zaragoza, a 18 de Enero de 2021.

Firma del responsable y sello del club	Firma del investigador y nº DNI
	 36176442H





UNIVERSIDAD SAN JORGE
Facultad de Ciencias de la Salud