



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

IMPACTO DE LA FUERZA MUSCULAR EN LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO EN JUGADORES DE WATERPOLO

**IMPACT OF MUSCLE STRENGTH ON THROWING
SPEED IN WATERPOLO PLAYERS**

AUTOR

Miriam Marín Lapeña

TUTOR

Isaac López Laval

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL DEPORTE

CURSO 2023/2024

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVOS	10
4. MATERIAL Y MÉTODOS	11
3.1 MUESTRA.....	11
3.2 PROCEDIMIENTOS.....	11
3.3 COMPOSICIÓN CORPORAL.....	12
3.4 VALORACIÓN ANTROPOMÉTRICA	13
3.5 TEST DE MOVILIDAD ARTICULAR.....	14
3.6 TEST DE FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA.....	15
3.7 TEST DE PULLOVER	17
3.8 VELOCIDAD DE LANZAMIENTO.....	20
3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
5. RESULTADOS	23
6. DISCUSIÓN	29
7. CONCLUSIÓN	35
8. BIBLIOGRAFÍA	36
9. ANEXOS	45

RESUMEN

Objetivo: El presente estudio pretende examinar la posible correlación entre la velocidad de lanzamiento, la potencia máxima generada en un test de PullOver y el valor RM (repetición máxima) de ese mismo ejercicio, así como la fuerza de agarre en un grupo de deportistas de waterpolo.

Métodos: Se seleccionaron 17 atletas de waterpolo con una edad media de $19,8 \pm 2,58$ años. Fueron testados, realizándoles una evaluación antropométrica y una evaluación de movilidad de hombro. También se midió la velocidad de lanzamiento y la fuerza dinámica de flexión de hombro (pullover). Se midieron diversas variables antropométricas (masa, altura, envergadura y diámetros óseos). Posteriormente, se utilizó un método de análisis estadístico para identificar las asociaciones entre estas variables, con un énfasis particular en cómo la velocidad influye en las otras métricas.

Resultados: Existen correlaciones moderadas entre velocidad y potencia ($r = 0.47$), y velocidad y RM ($r = 0.46$), mientras que la relación entre velocidad y agarre es más débil ($r = 0.34$).

Conclusiones: La velocidad puede ser un buen predictor de la potencia y el RM, a diferencia de su relación con el agarre, que debe ser interpretada con cautela. Se debe priorizar un programa de entrenamiento de estas capacidades físicas de manera integrada, individualizado y pautado en base a las características del propio equipo y sus deportistas.

Palabras clave: Velocidad, Potencia, Repetición Máxima, Agarre, Correlación.

ABSTRACT

Objective: The present study aims to examine the possible correlation between the throwing speed, the maximum power generated in a PullOver test and the RM value (repetition maximum) of that same exercise, as well as the grip strength in a group of athletes of water polo.

Methods: 17 water polo athletes with an average age of 19.8 ± 2.58 years were selected. They were tested, performing an anthropometric evaluation and a shoulder mobility evaluation. Throwing velocity and dynamic shoulder flexion strength (pullover) were also measured. Various anthropometric variables (mass, height, wingspan and bone diameters) were measured. A statistical analysis method was then used to identify associations between these variables, with a particular emphasis on how speed influences the other metrics.

Results: There are moderate correlations between speed and power ($r = 0.47$), and speed and RM ($r = 0.46$), while the relationship between speed and grip is weaker ($r = 0.34$).

Conclusions: Speed can be a good predictor of power and RM, unlike its relationship with grip, which should be interpreted with caution. A training program for these physical abilities must be prioritized in an integrated, individualized and guided manner based on the characteristics of the team itself and its athletes.

Keywords: Speed, Power, Maximum Repetition, Grip, Correlation.

1. INTRODUCCIÓN

El waterpolo es un deporte altamente demandante físicamente, que combina habilidades aeróbicas y anaeróbicas, fuerza, potencia y técnica. (Botonis, P.G., et al. 2018). Se caracteriza por una mayor predominancia lateral en la ejecución de la mayoría de los gestos técnicos que lo componen. Por lo tanto, al igual que otros deportes, la potencia del brazo que realiza el recorrido o el lanzamiento va a ser, normalmente, mayor que el desarrollado por el brazo contralateral. Esta mayor utilización del brazo ejecutor, conlleva un mayor tono y desarrollo de la musculatura responsable de la ejecución del gesto, lo cual puede provocar descompensación de la fuerza desarrollada entre ambos lados corporales. (Aragón Vela, J. et al, 2010). En la actualidad se ha detectado un incremento de la corpulencia en los deportistas que realizan deportes donde predomina la fuerza (Norton, K. & Olds, T., 2001). Esta tendencia, también la secundan los jugadores de waterpolo (Lozovina & Pavicic, 2004).

Evidencias recientes sugieren que la velocidad de natación correspondiente a $4,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (V4), $5,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (V5) y $10,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (V10) y la velocidad diferencial entre 10 y 5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (V10 – V5) son indicadores del potencial aeróbico y anaeróbico de los jugadores de waterpolo. (Botonis PG., et al. 2018)

Los elementos técnicos, como son niveles de fuerza para desplazarse, golpear, bloquear, empujar y/o mantenerse a flote durante el juego, ocurren principalmente durante la acción de juego de 1 contra 1, intercalados con momentos de media intensidad (Van der Wende, K. 2005). Las exigencias del waterpolo dependen del rol y están vinculadas principalmente a las habilidades

individuales requeridas (D'Auria, S. & Gabbett, T., 2008). Por su similitud técnica en acciones como el lanzamiento, se puede comparar con el balonmano. (Vila, H., et al., 2010). Además, es imprescindible potenciar la toma de decisiones y el pensamiento táctico para formar jugadores de alto nivel deportivo. Autores como Gorostiaga, Granados, Ibáñez, González-Badillo e Izquierdo (2006), Gorostiaga, Granados, Ibáñez e Izquierdo (2005), han mostrado que además de las habilidades técnicas y tácticas, así como altos niveles de fuerza, potencia y velocidad de lanzamiento, las características antropométricas son los factores determinantes para el éxito competitivo.

Otros autores, García, M., et al., (2011), también afirman que las variables físicas relacionadas con la valoración antropométrica, composición corporal y somatotipo, se consideran un papel importante en el desarrollo de un alto rendimiento. La antropometría aporta información sobre la estructura del deportista en un determinado momento y puede confirmar las modificaciones causadas por el entrenamiento. (García et al., 2011). Por ejemplo, la longitud de la mano y la adaptación del móvil permiten un mejor dominio del balón y precisión en el lanzamiento. Por otro lado, el peso, la altura y la envergadura permiten mayor ocupación y manejo del espacio en acciones tanto ofensivas como defensivas (Fernández, J. J., Vila, M. H. & Rodríguez, F. A., 2004). Esto sugiere que ciertos aspectos antropométricos pueden influir en la fuerza y el rendimiento en este deporte acuático.

La relación entre las características antropométricas y los niveles de fuerza en waterpolo, es un tema de interés en la literatura científica. Varios estudios han investigado las diferencias en medidas antropométricas y la condición física

específica en jugadores de waterpolo de alto nivel, lo que sugiere la relevancia de estas características en este deporte acuático (Kondrič et al., 2012). Además, no se han encontrado muchos estudios que aborden directamente la relación entre las características antropométricas y los niveles de fuerza en waterpolo, a pesar de la importancia de estas variables en otros deportes (Suárez et al., 2010).

Por otro lado, se destaca que una de las habilidades críticas en este deporte, es la capacidad de lanzar el balón a alta velocidad, siendo esto determinante para el rendimiento del equipo en situaciones ofensivas. Esta velocidad de lanzamiento, no solo depende de la técnica, sino también de la fuerza y la potencia muscular del jugador. (Vila, H., et al., 2010). Así pues, el resultado de un partido de waterpolo es dependiente de los goles anotados por cada equipo, lo que nos lleva a plantear que el lanzamiento será una de las situaciones de juego con mayor importancia en el marcador final (Smith, 1998). Autores como Van Muijen et al., (1991), describieron dos variables como principales índices de eficacia del lanzamiento, siendo estas la precisión y la velocidad de este. Afirmando Sánchez, J. A., et al., (2023) que la combinación de estas dos variables son los aspectos más decisivos a la hora de conseguir gol. De esta forma, al ejecutarlo en menor tiempo, generará mayor dificultad a los defensas y portero para evitar el gol.

Ferragut et al. (2015) analizan la velocidad de lanzamiento en waterpolo y su relación con la composición corporal, señalando que existen vínculos significativos entre estas características y el rendimiento en jugadores de waterpolo de alto nivel (Ferragut et al., 2015). Este parámetro, ha causado gran

interés entre investigadores y se ha determinado la existencia de grandes diferencias entre aquellos waterpolistas de élite y aquellos practicantes de waterpolo semiprofesionales (Melchiorri et al., 2015). A pesar, de ser investigada y valorada en deportes en los que esta acción es un indicador de rendimiento, el waterpolo es uno de los deportes que menos literatura científica dispone.

González-Badillo, et al., (2022), consideraron que las bases del entrenamiento de fuerza orientado al rendimiento deportivo es el incremento de la velocidad desarrollada ante cualquier carga absoluta, y, especialmente ante la carga específica encontrada en competición. Representado esto, un aumento de la potencia aplicada, es decir, el mismo trabajo mecánico en un menor tiempo. Hermassi et al. (2019) demostraron que, en jugadores de balonmano, existe una gran correlación entre el peso levantado en ejercicios olímpicos (arrancada y cargada), con la velocidad de lanzamiento. Así mismo, Samakoto et al. (2018) señalaron que son estrategias eficaces para la mejora del rendimiento en el lanzamiento ejercicios como el press banca, tanto el trabajo de fuerza con cargas medias-ligeras en ejercicios como el press banca “lanzado”. Por tanto, el entrenamiento deberá ir orientado al trabajo con cargas que se relacionen directamente con una mayor aplicación de fuerza en el menor tiempo posible. Teniendo en cuenta que los ejercicios orientados al entrenamiento de este deporte deben activar las articulaciones de cadera, hombro, codo y muñeca y las características del movimiento del lanzamiento son extensión de codo y flexión de hombro, se puede considerar un buen ejercicio el pullover para un aumento del rendimiento.

Este deporte, al igual que cualquier otro que se practique de forma profesional y semiprofesional, se caracterizan por una gran inversión de horas de preparación para optimizar el rendimiento deportivo. En consecuencia, los planes de entrenamiento para mejorar las capacidades fisiológicas, biomecánicas o estratégicas de los deportistas, conllevan períodos de práctica a altas intensidades, ya sea para corto, medio o largo plazo (Pyne & Sharp, 2014). Considerándose a su vez, que la velocidad de lanzamiento sea un parámetro crucial en el entrenamiento específico y que su mejora favorecerá el rendimiento deportivo.

Por lo tanto, el propósito del presente estudio, es conocer como las variables de potencia, RM (repetición máxima), y agarre, afectan al lanzamiento y ver si son un factor de rendimiento a tener en cuenta en su mejora en jugadores de waterpolo.

2. JUSTIFICACIÓN

La velocidad de lanzamiento de cualquier implemento, ha sido investigada en varias ocasiones en deportes en los que este parámetro es un indicador de rendimiento. Como bien se ha señalado anteriormente, el waterpolo dispone de menos literatura científica que hable sobre esta variable. Por lo tanto, me ha parecido bastante interesante escoger este deporte, para poder examinar más detalladamente la posible correlación entre la velocidad de lanzamiento y la potencia máxima generada en un test de PullOver, el valor de RM (repetición máxima) de este mismo ejercicio y el agarre en jugadores de waterpolo.

De este modo, me permitirá entender mejor cómo estos factores físicos pueden influir en el rendimiento específico de este deporte y adquirir nuevos conocimientos de los que antes carecía de esta modalidad.

Se llega a hipotetizar que la velocidad de lanzamiento será una de las variables con especial importancia en el rendimiento y que la potencia, repetición máxima (RM) y fuerza de agarre tienen una influencia significativa en ella. Así mismo, se indicaría que su mejora puede resultar en un rendimiento atlético superior en estos deportistas.

Finalmente, veo de total importancia este estudio, para optimizar el rendimiento identificando los factores físicos que más contribuyen a la velocidad de lanzamiento, personalizar el entrenamiento adaptando los ejercicios de fuerza y potencia a las necesidades individuales de cada jugador, prevenir lesiones y contribuir a la ciencia del deporte, aportando conocimientos valiosos a la literatura existente sobre el entrenamiento y rendimiento en deportes acuáticos.

3. OBJETIVOS

En el presente estudio, el objetivo principal es investigar y medir la correlación entre la velocidad de lanzamiento y tres variables de fuerza: potencia, resistencia muscular (RM) y fuerza de agarre, en jugadores de waterpolo. Se pretende determinar hasta qué punto estas variables, esenciales para el rendimiento deportivo, afectan a la capacidad de lanzar a alta velocidad en estos deportistas. Con este análisis, se busca proporcionar evidencia empírica que pueda ayudar a optimizar los entrenamientos específicos para mejorar la eficiencia y efectividad del lanzamiento en el waterpolo, ayudando así a desarrollar estrategias más efectivas en la preparación física de estos atletas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 MUESTRA

Para el presente estudio, han participado 17 sujetos, todos ellos varones. Como criterio de inclusión se fijó que todos fueran jugadores de waterpolo y no tuvieran ninguna lesión en la articulación del hombro, excluyendo al portero, debido a que en los partidos no lanza. Se seleccionaron del Centro Natación Helios (Zaragoza) de Primera División Nacional. Los sujetos tienen una edad comprendida entre 16 y 26 años, una altura entre 172 y 191 cm y un peso entre 62,2 y 89,6 kg. Todos los sujetos eran diestros. Se formó un grupo experimental donde todos se expusieron a las mismas valoraciones y test.

		Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (cm)	Envergadura (cm)
Varón	Media	19,76	80,01	179,76	185,26
	DS	2,58	6,77	5,18	7,11

Tabla 1: Análisis descriptivo de la muestra

3.2 PROCEDIMIENTOS

Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en las instalaciones del Centro de Natación Helios (Zaragoza), realizándose las mediciones en dos salas polivalentes. Previamente a la toma de datos, todos los participantes fueron informados del procedimiento que se iba a seguir, así como de los objetivos que se pretendían en el estudio y se les entregó el consentimiento informado, donde todos ellos firmaron. Las pruebas se realizaron durante 3 días, debido a la imposibilidad de reclutar a todos con la misma posibilidad horaria y fecha entre semana. Se dividieron en tres grupos, de forma que cada día se realizasen las mediciones a 6 deportistas. Estas pruebas se llevaron a cabo por tres investigadores, realizando cada uno una de ellas, tratando así de evitar posibles diferencias entre mediciones. Se realizaron los tres días a la misma hora.

3.3 COMPOSICIÓN CORPORAL

Para la medición del peso y la talla se empleó una báscula “TANITA”. Esta, a pesar de calcular en kg el peso, permite conocer y analizar detalladamente las diferentes composiciones del cuerpo mediante la tecnología de bioimpedancia eléctrica (BIA) utilizando corrientes eléctricas de baja intensidad.

Mide de forma precisa el peso corporal, calcula el porcentaje de grasa corporal, estima la cantidad de músculo en el cuerpo, determina la cantidad de masa ósea, mide el porcentaje de agua en el cuerpo y calcula el índice de masa corporal (IMC) a partir del peso y la altura.

A su vez, consta de funciones avanzadas como el modo atleta, donde adapta las mediciones para usuarios con niveles de actividad física elevados.

El método de empleo es sencillo, el sujeto se coloca en la báscula y a partir de la selección del tipo del participante, el sexo, la edad y la altura, se calcula el resto de variables de forma automática de modo que el participante se encuentra de forma pasiva.



TANITA	
Analizador de la Composición Corporal SC-330	
07/FEB/2024 17:55	
Número de Serie 00000001	
Entrada	
Tipo	Atletico
Sexo	Hombre
Edad	23
Altura	188 cm
Peso de la Ropa	0.0kg
Resultado	
Peso	85.5kg
Masa Grasa %	16.2 %
Masa Grasa	13.8kg
Masa Magra	71.6kg
Masa Muscular	68.1kg
Agua Total	48.7kg
% Agua Total	57.0 %
Masa Ósea	3.9kg
MS	88/8 kg
Edad Metabólica	2122kg
Nivel de Grasa	19
Visceral	3
BMI	24.2
Indicador	
*Masa Grasa %	- 0 + ++
*BMI	- 0 + ++
*Impedancia	875.2 Ω

Imagen 1 y 2: Báscula TANITA

Imagen 3: Resultados TANITA

3.4 VALORACIÓN ANTROPOMÉTRICA

La valoración antropométrica se llevó a cabo con una cinta métrica flexible cuyas unidades de lectura son cm y un rotulador para señalar los puntos anatómicos y marcas de referencia.

Mediante la cinta métrica se midieron varias de las longitudes de las porciones corporales. A través del tacto, se palpó con las manos las diferentes partes del tren superior para encontrar los puntos anatómicos. Una vez ello, se colocó el extremo de la cinta métrica que comienza en el cm 0 en uno de los puntos y con el otro punto de medida, se sacó la longitud. En algunos casos, se empleó un rotulador para marcar la referencia de puntos. El sujeto debía colocarse de pie y de forma pasiva. Las longitudes que se midieron fueron la del brazo, antebrazo, mano, hombro-hombro, tronco y envergadura.



Imagen 4: Envergadura



Imagen 5: Mano

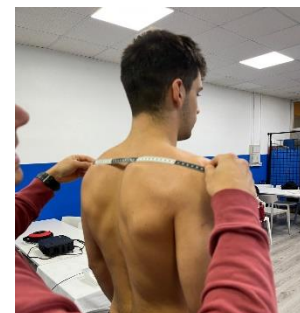


Imagen 6: Hombro-Hombro

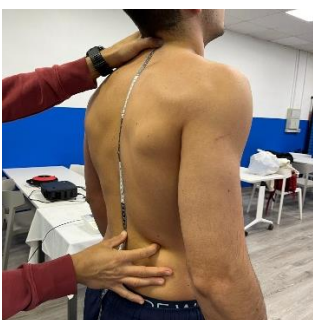


Imagen 7: Tronco



Imagen 8: Brazo



Imagen 9: Antebrazo

3.5 TEST DE MOVILIDAD ARTICULAR

Para la evaluación del rango de movimiento de la articulación del hombro, nos basamos en el protocolo propuesto por Hams, Evans, Adams, Waddington, & Witchalls (2019). Se empleo una camilla de masaje estandar plegable, una silla de polipropileno y un móvil con la aplicación "MyRom". (Balsalobre, Romero & Jiménez 2019).

Para ello, el sujeto evaluado, se colocó en varias posiciones dependiendo del movimiento articular. En primero lugar, tanto para la rotación de hombro interna como externa, se situó en una camilla en posición de tendido supino, con el cuerpo completamente apoyado sobre ella. El hombro medido se colocó en 90° de abducción, el codo en 90° de flexión y el antebrazo en una posición neutral. El investigador colocó el móvil en la cara dorsal del antebrazo para la medición de rotación interna, y en la cara ventral para la medición de rotación externa. Desde esta posición, se movió el brazo de forma pasiva, hasta alcanzar el máximo punto del rango de movimiento.

La elevación del hombro respecto a la posición de contacto con la camilla o la percepción de dolor del sujeto evaluado, fueron criterios para determinar la finalización de la prueba.

Para el siguiente test, de la medición del rango de movimiento de la flexión del hombro, el sujeto se colocó sentado en una silla con respaldo hasta la zona lumbar, espalda y cabeza completamente recta y con mirada al frente. La posición del brazo comenzaba con una flexión de hombro de 90° con codo en total extensión. El examinador colocó el móvil en la parte posterior del brazo para

la medición de flexión de hombro. Desde esta posición, el sujeto movía de forma activa el brazo hasta alcanzar el máximo punto de rango de movimiento. La percepción de dolor por parte del deportista, fueron criterios para determinar la finalización de la prueba.

Los ángulos obtenidos en las diferentes pruebas fueron medidos en grados ($^{\circ}$), utilizándose para la referencia final la media de 2 mediciones. Estas fueron realizadas en el siguiente orden: 2 veces la rotación externa del hombro izquierdo, dos la del hombro derecho; posteriormente, dos veces la rotación externa del hombro izquierdo y otras dos la del hombro derecho. Una vez finalizada esta medición, siguió la misma dinámica con 2 veces la flexión del hombro izquierdo y otras 2 con el hombro derecho.

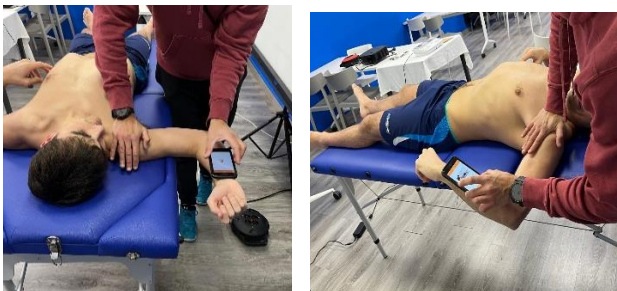


Imagen 10 y 11: Test de movilidad articular del hombro, en rotación externa e interna



Imagen 12 y 13: Test de movilidad articular del hombro, en flexión

3.6 TEST DE FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA

Siguiendo el protocolo propuesto por Terol-Sanchis, Elvira-Aranda, Gomis-Gomis, & Pérez-Turpin (2021), se realizó un test para la medición de la fuerza isométrica aplicada por el hombro en los movimientos de rotación interna y externa mediante una galga extensiométrica (Chronojump Bosco System), siendo valorados tanto el brazo dominante como no dominante. Para la presente

medición, los instrumentos con los que se trabajó fueron una galga extensiométrica (Chronojump Bosco System), una silla estándar y un portátil donde se recogían los datos de la medición.

Previamente al uso de esta galga de fuerza, se calibraría utilizando un peso estandarizado. Se realizaron 3 contracciones máximas voluntarias por cada brazo, tomando la media de la fuerza obtenida (N) durante los 3-5 segundos de duración de cada contracción. Entre cada intento el descanso fue de 1 minuto.

La posición del sujeto fue en posición sentada en una silla, permitiendo colocarse con una flexión de cadera de 90° , con muslos apoyados, y rodillas a 90° . El brazo que no estaba siendo medido se colocó flexionado sobre la cadera de su mismo lado. El brazo evaluado, se colocó en posición de 90° de flexión de codo y cada contracción se realizó de forma que no se produjesen movimientos extraños, pudiendo generar compensaciones para aumentar la fuerza generada.

Para diferenciar la medición de rotación interna y externa, el sujeto se colocaba más cerca de la galga para evaluar su rotación externa, por lo que, al contrario de ello, para evaluar la rotación interna, la colocación del cuerpo se encontraba más separada del anclaje de la galga.



Imagen 14 y 15: Test de fuerza isométrica para rotación interna y externa

3.7 TEST DE PULLOVER

Esta medición se basa en calcular la potencia máxima generada en un test de PullOver y el valor RM (repetición máxima) de ese mismo ejercicio. Este test, se realizó solamente con el brazo ejecutor, siendo en todos los sujetos su brazo dominante el derecho.

En el estudio de Belfry GR., et al., (2016) se analizaron los efectos de 2 programas diferentes de entrenamiento con pesas que incorporaban ejercicios de press de banca y pullover sobre el rendimiento en natación, la potencia, la actividad enzimática y la distribución del tipo de fibra en hombres. Se demostró que un programa de entrenamiento con pesas de 30 segundos y 20 repeticiones, específico para la musculatura de la natación sin entrenamiento de natación concurrente, mejora el rendimiento de la natación en distancias de 50 y 200 metros.

Otros autores, como Hermassi S., et al., (2019), evaluaron el impacto de un entrenamiento de levantamiento de pesas durante 8 semanas en el transcurso de la temporada sobre la fuerza, la capacidad de lanzamiento y la composición corporal de jugadores masculinos de balonmano. Las medidas de fuerza máxima en una repetición incluyeron press de banca, pull-over, arranque y envión. Se concluyó que 8 semanas de entrenamiento de levantamiento de pesas produjeron aumentos del volumen muscular, la fuerza máxima de las extremidades superiores y la velocidad de lanzamiento de la pelota en relación con su programa de entrenamiento estándar.

Para este test de PullOver, se empleó un instrumento llamado “GyKo-microgate” para la medición inercial del análisis del movimiento del brazo. Este aparato, mide aceleraciones de hasta 16g y velocidades angulares de hasta 2000 °/s con una frecuencia de adquisición de 1000 Hz. Mediante la transmisión por Bluetooth, las mediciones se envían en tiempo real al ordenador donde está instalado el programa Microgate, el cual, con sus algoritmos validados científicamente, las elabora y realiza una interpretación simplificada de ellas.

A su vez, se empleó un banco de musculación para la medición de la prueba y varias mancuernas con diferentes intensidades (5,7,10,12,15,17,18,19 y 20kg)

Con GyKo es posible hacer la valoración objetiva y la monitorización de la función articular y de la fuerza muscular de una determinada parte del sistema músculo-esquelético, siendo en nuestro caso el brazo derecho, donde hará una flexo-extensión de codo y hombro durante el movimiento. Esto hace posible la ejecución de gestos motores más o menos complejos sin limitar ni influenciar al sujeto, incluso porque se puede utilizar al aire libre y en cualquier superficie. GyKo está dotado de componentes de última generación que permiten realizar mediciones precisas y repetibles de las aceleraciones, de las velocidades angulares y del campo magnético en tres dimensiones.



Imagen 16 y 17: Instrumento GyKo empleado para test de PullOver

Algunos autores como Santospagnuolo A., et al., (2019), trataron de validar el dispositivo digital GYKO comparándolo con el estándar de oro UG en la medición del rango de movimiento de flexión-extensión del codo en sujetos sanos y los resultados de este estudio, apoyan el uso de GYKO tan útil como la UG para esta evaluación. Otros autores, Arede J., et al., (2019), examinaron la validez y confiabilidad de la unidad de medición llamada: Gyko Sport, para la evaluación de la velocidad concéntrica con barra en el ejercicio de press de banca, donde también respaldan el uso del Gyko como un dispositivo portátil, asequible y adecuado para medir la velocidad media en este tipo de ejercicio.

Previamente al test, cada sujeto realizaba un calentamiento donde se coloca en posición tendido prono encima de un banco de musculación y trabaja el gesto de PullOver con intensidades bajas y con varias repeticiones. Una vez ello, el sujeto coloca el aparato gyko en un brazalete que envuelve la muñeca y se lo aprieta de tal forma que este bien sujeto. Se inicia el test con una mancuerna de 5kg que agarrara con la mano derecha donde la posición inicial es, tendido prono sobre el banco con piernas flexionadas a 90° a cada lado, brazo ejecutor sujetando la pesa con flexión de hombro a 90° y codo totalmente extendido. Por otro lado, el brazo no ejecutor, se coloca en el pectoral derecho para controlar mejor el movimiento. Así mismo, cuando el examinador dio la señal, el sujeto realizó el gesto de PullOver, donde el hombro se coloca en máxima flexión y codo a 90° y aguanta entre 2 y 3 segundos, para que con la máxima velocidad posible que consiga trabajar, vuelva a la posición inicial. Se repitió la secuencia 3 veces y se aumentó la intensidad. El orden de intensidad es 5,10,12,15,18 y 20kg. La percepción de máxima fuerza por parte del deportista y resultados

erróneos en la gráfica, fueron criterios para determinar la finalización de la prueba.



Imagen 18, 19 y 20: Medición de test de PullOver en brazo dominante.

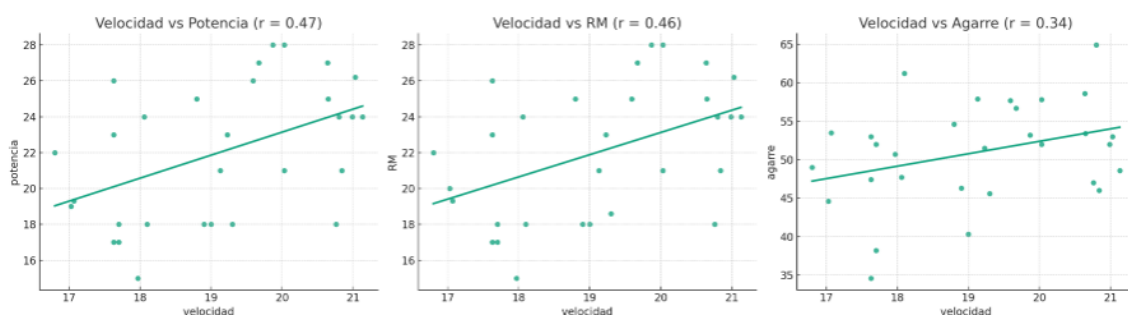
3.8 VELOCIDAD DE LANZAMIENTO

Se realizó un test de lanzamiento en el agua para evaluar la fuerza explosiva específica. Se midió la velocidad (m/s) con una pistola radar (Stalker ATS II, Plano, USA) con una frecuencia de 100 Hz y una sensibilidad de 0,045 m/s en las mediciones frontales.

Previamente a la prueba, se realizó un calentamiento donde se llevó a cabo un breve intervalo de natación continua, pases entre los jugadores y 5 lanzamientos a una distancia de 7 metros a la portería. Una vez ello, realizaron 6 lanzamientos en 3 posiciones diferentes desde la línea de penalti. Las posiciones fueron: lanzamiento sin portero, lanzamiento con portero y lanzamiento con portero tras 3 amagos. El radar se situó 3 metros más atrás de la línea de gol. Entre cada serie, descansaban 2 minutos y 20-30 segundos entre cada repetición.

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la intención de relacionar las variables mencionadas, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson, que evalúa la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Toma valores entre -1 y 1. Donde el valor de 1 señala una correlación perfecta positiva, el valor de -1 indica una correlación perfecta negativa, y 0 indica que no existe correlación ninguna. Los gráficos de dispersión ilustran estas relaciones, donde cada punto representa un par de observaciones correspondientes a las dos variables estudiadas.



Gráfica 1,2 y 3: Correlación de dos variables cuantitativas.

Las líneas de regresión en los gráficos muestran la tendencia de la relación lineal entre las variables, facilitando la interpretación de cómo un incremento en la velocidad se relaciona con cambios en las otras variables (potencia, RM y agarre) dentro del conjunto de datos filtrado. En cuanto a la relación entre la velocidad y potencia ($r=0,47$), indica una correlación positiva moderada, sin embargo, la relación no es lo suficientemente fuerte como para predecir los cambios en una variable basándose únicamente en la otra con alta precisión. En relación a la velocidad y el RM ($r=46$), obtiene una correlación de magnitud similar a las anteriores variables. Por último, analizando las variables de velocidad y agarre ($r=0,34$), indica una correlación positiva débil, donde la

relación es menos pronunciada, a pesar de que haya una tendencia a que las variables aumenten conjuntamente. Estos resultados y visualizaciones son apropiados para incluir en la sección de análisis de un artículo científico, proporcionando evidencia visual y estadística de las relaciones examinadas.

5. RESULTADOS

Con respecto a los análisis descriptivos, las características antropométricas de los jugadores de primera división nacional de waterpolo son presentadas en la tabla 2. Se presentan los promedios como la edad $19,76 \pm 2,58$ años, peso corporal con $80,01 \pm 6,77$ kg y altura de $179,76 \pm 5,18$ cm. Respecto a la envergadura, el promedio fue $185,26 \pm 7,11$. La distancia de brazo obtuvo un promedio de $33,75 \pm 1,25$ cm, antebrazo $26,5 \pm 1,5$ cm, mano $19,5 \pm 0,5$ cm, hombro a hombro $45,5 \pm 3,5$ cm y tronco con $49,5 \pm 0,5$ cm. En cuanto al % de grasa, el promedio obtenido fue $10,6 \pm 0,8\%$. Finalmente, la masa magra consta con un promedio de $66,65 \pm 1,65$ kg.

VARIABLES	MEDIA	DS
Edad (años)	19,76	2,58
Peso (Kg)	80,01	6,77
Altura (cm)	179,76	5,18
Envergadura (cm)	185,26	7,11
Brazo (cm)	33,75	1,25
Antebrazo (cm)	26,5	1,5
Mano (cm)	19,5	0,5
Hombro – hombro (cm)	45,5	3,5
Tronco (cm)	49,5	0,5
% Grasa	10,6	0,8
Masa magra (kg)	66,65	1,65

Tabla 2: Valores antropométricos de la muestra

La tabla 3 muestra los estadísticos descriptivos de las variables de movilidad de hombro.

VARIABLES	MEDIA	DS
Romird (grados ^o)	59,55	2,35
Romirnd (grados ^o)	74,55	7,05
Romerd (grados ^o)	120,35	10,35
Romernd (grados ^o)	113,7	3,5
Asimir (%)	19,75	4,45

Asimer (%)	5,2	5,1
Totromd (°)	179,9	12,7
Totromnd (grados°)	188,25	10,55
Difrom (grados°)	-8,35	2,15
Gird (grados°)	-15	4,7
Ergain (grados°)	6,65	6,85
Flexhord (grados°)	119,45	0,15
Flexhornd (grados°)	128,55	4,05
Asimflexhor (%)	11,9	9,6

Tabla 3: Valores de movilidad de hombro

Respecto a la tabla 4, indica los valores de velocidad de lanzamiento.

VARIABLES	MEDIA	DS
Pen (m/s)	19,6	1,1
Penpor (m/s)	18,25	1,15
Lanzamag (m/s)	18,65	1,35

Tabla 4: Valores de velocidad de lanzamiento

En la tabla 5, se muestra los resultados en la fuerza del hombro en rotación interna – externa.

VARIABLES	MEDIA	DS
Fird (N)	771	21
Firnd (N)	646	63
Ferd (N)	499	22
Fernd (N)	507	0
Pbwird (N/kg)	10,7	0,29
Pbwirnd (N/kg)	9	0,87
Pbwerd (N/kg)	6,9	0,3
Pbwernd (N/kg)	7	0
Ratioer / rd	0,65	0,01
Ratioer /rnd	0,79	0,08

Tabla 5: Valores de la fuerza del hombro en rotación interna y externa

Se presenta la fuerza isométrica del lanzamiento en la tabla 6.

VARIABLES	MEDIA	DS
Fisolanz (N)	610	78,5

Tabla 6: Valores de la fuerza isométrica del lanzamiento

En la tabla 7, se observa la fuerza dinámica en flexión de hombro (pullover).

VARIABLES	MEDIA	DS
Po1RM (kg)	23	2,5
Oplpo (kg)	15,4	2,7
Opl (%RM)	59,91	4,69
Porm20 (kg)	5,2	0,4
Porm40 (kg)	10,2	1
Porm60 (kg)	15,35	1,45
Porm80 (kg)	20,45	1,95
Porm100 (kg)	25,5	2,5
Vporm20 (m/s)	1,12	0,085
Vporm40 (m/s)	0,77	0,025
Vporm60 (m/s)	0,49	0,005
Vporm80 (m/s)	0,28	0,015
Vporm100 (m/s)	0,12	0,01

Tabla 7: Valores de la fuerza dinámica en flexión de hombro (pullover)

Por último, en cuanto a la fuerza de agarre manual, nos muestra la tabla 8 los valores de cada variable.

VARIABLES	MEDIA	DS
Agmad (kgf)	49,7	2,3
Agmand (kgf)	47,35	3,75
Agmadrel (kgf/kg)	0,67	0,008
Agmandrel (kgf/kg)	0,63	0,03

Tabla 8: Valores de la fuerza de agarre manual

Con estos datos obtenidos, se analizó la relación existente entre diversos parámetros físicos y las velocidades de lanzamiento. Ya que, para Vila, et al. (2009); Piscitelli et al. (2016) y Van der Wende (2005), esta es una de las variables que más influyen en la consecución de un mayor rendimiento deportivo (Borges Hernández, P. J., et al, 2017). En la tabla 9, se observa la correlación entre las variables de velocidad de lanzamiento y la fuerza de agarre manual,

indicando que con los datos relacionados no existe una correlación significativa entre ambas variables.

INDICADOR V2		INDICADOR V1		
		LANZAMAG	PEN	PENPOR
AGMAD	Correlación	0,274	0,466	0,408
	Significancia	0,287	0,060	0,104
AGMAND	Correlación	0,074	0,130	0,033
	Significancia	0,778	0,618	0,900
AGMADREL	Correlación	0,110	0,227	0,141
	Significancia	0,674	0,382	0,589
AGMANDREL	Correlación	-0,116	-0,162	-0,277
	Significancia	0,658	0,535	0,281

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 9: Valores de correlación de Pearson entre variables de velocidad y fuerza de agarre manual

No obstante, se relacionaron las variables de velocidad de lanzamiento con la potencia y RM. Se puede observar en la tabla 10, que, a diferencia de la fuerza de agarre, existe una relación significativa entre ambas relaciones.

INDICADOR V2		INDICADOR V1		
		PEN	PENPPOR	LANZAMAG
PO1RM	Correlación	,571*	0,466	,578*
	Significancia	0,017	0,059	0,015
OPLPO	Correlación	,502*	0,378	,536*
	Significancia	0,040	0,135	0,027
PORM20	Correlación	,563*	,485*	,612**
	Significancia	0,019	0,049	0,009
PORM40	Correlación	,651**	,557*	,657**
	Significancia	0,005	0,020	0,004
PORM60	Correlación	,634**	,538*	,645**
	Significancia	0,006	0,026	0,005
PORM80	Correlación	,624**	,527*	,640**
	Significancia	0,007	0,030	0,006
PORM100	Correlación	,577*	0,473	,585*

	Significancia	0,015	0,055	0,014
VPORM20	Correlación	-0,116	-0,022	-0,058
	Significancia	0,657	0,932	0,826
VPORM40	Correlación	-0,158	-0,104	-0,151
	Significancia	0,546	0,692	0,563
VPORM60	Correlación	-0,203	-0,117	-0,128
	Significancia	0,433	0,656	0,623
VPORM80	Correlación	-0,371	-0,319	-0,292
	Significancia	0,143	0,212	0,256
VPORM100	Correlación	-0,262	-0,161	-0,351
	Significancia	0,310	0,538	0,167

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 10: Valores de correlación de Pearson entre variables de velocidad y RM y potencia

Concluyendo que al analizar el valor p, se encontró evidencia estadística de una relación significativa entre la velocidad y tanto la potencia como el RM. No obstante, aunque la correlación entre velocidad y agarre es positiva, no alcanza el umbral convencional de significancia estadística. Esto debe tenerse en cuenta al interpretar la relación entre la velocidad y el agarre en estudios o aplicaciones prácticas.

Entre las variables velocidad y potencia, el valor p es 0,0096, lo que indica que la correlación es estadísticamente significativa al nivel de 0.01. Así mismo, entre velocidad y RM, el valor p que se obtiene es 0.011, lo que también muestra una correlación estadísticamente significativa al nivel de 0.01. Por último, teniendo en cuenta la velocidad y el agarre, se alcanza un valor p de 0.069, lo cual concluye que no es estadísticamente significativo al nivel común de 0.05.

Por otra parte, con los datos de las tablas anteriores, se evaluó la relación lineal entre las variables mencionadas, obteniéndose que la correlación entre la

velocidad y potencia es de $r=0,47$, siendo esta una relación moderada positiva. En cuanto a las variables de velocidad y RM, la correlación de Pearson se mantiene en $r=0,46$, viéndose en el gráfico con la línea de regresión, como también se obtiene una correlación moderada positiva. Por último, en relación a las variables velocidad y dinamometría, la correlación es de $r=0,34$, lo que sugiere una correlación positiva más débil

El análisis mostró que la velocidad tiene una correlación moderada y estadísticamente significativa con la potencia ($r = 0.47$, valor $p = 0.0096$) y con el RM ($r = 0.46$, valor $p = 0.011$), lo que indica que los aumentos en la velocidad están asociados con incrementos en estas capacidades físicas. Sin embargo, aunque la relación entre la velocidad y el agarre es positiva, no fue estadísticamente significativa ($r = 0.34$, valor $p = 0.069$).

En este sentido, la hipótesis de partida indica que la velocidad de lanzamiento será una de las variables con especial importancia en el rendimiento y que la potencia, repetición máxima (RM) y fuerza de agarre tienen una influencia significativa en ella. Hecho que se aprecia en la relación con la potencia y RM, donde en los gráficos de dispersión con líneas proporcionan una representación visual clara de cómo la velocidad influye y en que su mejora puede resultar un mayor rendimiento. Sugiriéndose a su vez, que la velocidad puede ser un buen predictor confiable de la potencia y el RM en contextos donde estas variables son relevantes, pero su relación con el agarre debe interpretarse con mayor cautela.

6. DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación nos indican una relación positiva entre la velocidad y la potencia, así como entre la velocidad y RM, sugiriendo que incrementos en la velocidad pueden estar asociados con mejoras en estas capacidades físicas en el contexto del waterpolo. Esto tiene implicaciones prácticas significativas para el diseño de programas de entrenamiento enfocados en el desarrollo simultáneo de velocidad y fuerza. Por otro lado, la correlación entre la velocidad y la fuerza de agarre, aunque resultó ser positiva, fue menos consistente y no alcanzó significancia estadística, indicando que la influencia de la velocidad sobre esta dimensión de la fuerza puede ser más compleja y requiere una investigación más detallada para entender completamente su dinámica y aplicabilidad en entrenamientos deportivos.

En el estudio de Elizondo, J. H. (2003), donde se relaciono la fuerza, potencia y velocidad, se demuestra que, entre las variables de fuerza y velocidad, la relación no es significativa ($R_c = 0.22$). Sin embargo, la relación potencia-velocidad es altamente significativa siendo ésta ($R_c = 0.79$), obteniéndose un resultado de r mayor al obtenido en el presente estudio, afirmándose así, la correlación entre estas variables. Marques et al. (2007) analizaron la relación en un protocolo de 3 cargas (26, 36 y 46 kg) con la velocidad de lanzamiento del balón en jugadores de balonmano. Las variables evaluadas fueron la potencia y velocidad de lanzamiento, siendo los resultados $r = 0.59$, $r = 0.63$, para las cargas de 36 y 46 kg, respectivamente, donde se confirma una relación significativa entre la potencia y la velocidad de lanzamiento de lanzamiento, dándole mayor refuerzo a los resultados de nuestros hallazgos. Apoyando esta correlación,

Bautista González, I. J., et al., (2021), obtuvieron que los resultados del coeficiente de correlación entre la potencia y velocidad pico con la velocidad de lanzamiento fueron de $r = .54$, $r = .63$ y $r = .68$, $r = .77$, para las cargas absolutas de 35 y 45 kg, respectivamente. En este caso, la muestra fueron dieciséis jugadores juveniles de la Selección Española de Balonmano.

En otros hallazgos, (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Marques et al., 2007) destacan que existe una relación entre las variables de rendimiento del tren superior medidas en la fase concéntrica (i.e. potencia y velocidad en ejercicio del press de banca) con la velocidad de lanzamiento del balón. Por lo que, para simular un ejercicio más específico para el waterpolo, seleccionamos el ejercicio de pullover para correlacionar estas variables en la fase concéntrica, verificando así, esta relación. Otros estudios, han utilizado ejercicios genéricos de la fuerza (press de banca) para relacionarlos con la velocidad de lanzamiento (Marqués et al., 2007), así mismo, se han realizado programas de entrenamiento de la fuerza basados en ejercicios genéricos (press de banca, media sentadilla, pull over, etc.) encontrando mejoras en la velocidad de lanzamiento (Cherif et al., 2016). Concluyendo, al igual que Zamparo P., et al., (2014), que se debe tomar en consideración la relación entre potencia y velocidad ya que permite explicar mejor la variabilidad entre sujetos en el rendimiento.

En cuanto a la correlación entre la velocidad del lanzamiento del balón y el RM, Granados et al. (2007) obtuvieron un resultado de $r = 0.61$ en una muestra de 16 chicas pertenecientes a un club de máximo nivel en balonmano, afirmándose la correlación positiva entre estas variables y siendo una relación mayor a la

obtenida en nuestros hallazgos ($r=46$). Así mismo, Ayllón, F., et al., (2004), con su estudio, afirman que si bien la mejora de los niveles de fuerza máxima (RM) influencia positivamente la velocidad de lanzamiento, el mantener una alta correspondencia mecánica entre los ejercicios inespecíficos y los específicos, así como una elevada velocidad y potencia de movimiento, serían los aspectos más significativos a considerar para prescribir los ejercicios de preparación física destinados a mejorar el rendimiento.

En cuanto a la comparación entre la existencia de relación de la velocidad de lanzamiento y fuerza máxima de agarre, se aprecia que no es estadísticamente significativo, aunque la relación sea positiva ($r=0,34$; $p >0.01$), por el contrario, Borges Hernández, P. J., et al., (2017), aprecian significación entre ambas medidas ($r=0.82$; $p<0.01$) para la condición sin portero; y ($r=0.80$; $p<0.01$) con oposición. Lo que demuestra en este estudio que la fuerza es un factor limitante en la velocidad de lanzamiento. Al igual que Ferragut et al. (2011), donde se aprecian correlaciones significativas en ambas condiciones, lanzamiento con oposición ($r=.76$; $p<.01$) y sin oposición ($r=.78$; $p<.01$) respecto a la fuerza de agarre máxima. En un hallazgo con una muestra de 15 atletas de waterpolo de un programa de escuela secundaria, también se observó que la fuerza de agarre ($r = 0,674$), mostró relaciones positivas significativas con la velocidad de lanzamiento. (Lockie RG., et al. 2023).

Por otro lado, y salvo el estudio de Ferragut et al. (2011), cuya muestra son jugadores de élite de mayor edad, no se han encontrado estudios similares para este deporte. Aunque es de reseñar la relación que encuentra (Pugh, Kovalski,

Heitman & Pearsall 2001) entre velocidad de lanzamiento y fuerza máxima de agarre para pitchers femeninas de béisbol, así como Mikkelsen y Olesen (1976) para jugadoras de balonmano. (Hernández, P. J., et al., 2017).

Katrina Van der Wende (2005) y Ferragut et al. (2015), no aprecian diferencias en la velocidad de lanzamiento según la existencia o no de oposición (portero), ni en función de la posición de juego del lanzador ni de lanzamiento (Argudo, García-Cervantes & Ruíz, 2016). Lo que contrasta con estudios previos (Davis & Blanksby, 1977), y comparando con los resultados de Rivilla et al. (2010), se afirma que la localización del lanzamiento en función de la posición del portero, la situación y el grado de oposición, influye en la velocidad de lanzamiento a portería en balonmano. Por lo que se podría señalar, que es significativo realizar estas comparaciones, análisis y correlaciones en situaciones reales de juego con oposición activa para poder obtener mejores resultados enfocados a la competición y rendimiento.

Por otro lado, para Piscitelli et al. (2016), la masa muscular y las características óseas, influyen en la velocidad de los lanzamientos, siendo la antropometría, masa magra y grasa, variables medidas en el estudio, pero no correlacionadas con la velocidad. Lo que estos autores sugieren que una mejor resistencia de los huesos, especialmente su componente de rigidez, puede ser favorable para el rendimiento (Borges Hernández, P. J., et al., (2017). Este dato contrasta con los obtenidos por Ferragut et al. (2011), lo que puede significar, que estos parámetros pueden tener relevancia en la consecución de velocidades de lanzamiento mayores en categorías de formación, pero no en categorías

absolutas. A su vez, Platanou T, & Varamenti E. (2011) destacan que la longitud del cuerpo, la velocidad de natación, el torque interno-externo de los músculos del hombro, así como el VO₂, se correlacionaron significativamente con la velocidad de lanzamiento de la pelota en waterpolo ($r=0,36$ a $r=0,70$, $P<0,05$). Destacar que Ferragut C., et al., (2028) encontraron diferencias significativas en edad, altura, masa corporal, envergadura de brazos, masa muscular, diferentes circunferencias (brazo tenso y flexionado, antebrazo, muñeca, tobillo), ancho y largo de la mano dominante, diferentes anchos (biacromial, bitrocantérico, bistiloide y húmero biepicondilar) y características físicas (fuerza de agarre de la mano y velocidad de lanzamiento para diferentes posiciones) entre jugadores de élite y jugadores de categorías diferentes, donde se afirma que mostraron diferencias en las características antropométricas en los miembros superiores y en su mayoría fueron aspectos no modificables por el entrenamiento, indicando al igual, que los mejores jugadores pudieron mantener una mayor velocidad de lanzamiento.

Finalmente, por todo lo expuesto anteriormente, se puede concluir que las variables analizadas, en especial la potencia y el RM, en relación a la velocidad de lanzamiento, son necesarios para llegar a la élite en este deporte, apreciándose diferencias en cuanto al nivel de estos deportistas según estos parámetros. A su vez, los hallazgos destacan la importancia de considerar la especificidad de las relaciones entre las variables físicas en la evaluación y el diseño de programas de entrenamiento, por lo que los entrenadores pueden utilizar el conocimiento de las características fisiológicas y antropométricas que se correlacionan con las dos técnicas utilizadas principalmente en el waterpolo

(velocidad de lanzamiento y salto en el agua) para implementar programas de entrenamiento efectivos.

7. CONCLUSIÓN

Las valoraciones realizadas muestran que la velocidad tiene una correlación moderada y estadísticamente significativa tanto con la potencia ($r = 0.47$, $p = 0.0096$) como con el RM ($r = 0.46$, $p = 0.011$), sugiriendo que a medida que aumenta la velocidad, también lo hacen estas capacidades físicas. Sin embargo, la correlación entre la velocidad y el agarre, aunque positiva ($r = 0.34$), no es estadísticamente significativa ($p = 0.069$). Esto indica que, si bien la velocidad puede ser un buen predictor de la potencia y el RM, su relación con el agarre debe ser interpretada con cautela. Los gráficos de dispersión y las líneas de regresión utilizadas en el análisis proporcionan una representación visual que refuerza estos hallazgos.

Por ello, se debe priorizar un programa de entrenamiento de estas capacidades físicas de manera integrada, siempre que este sea individualizado y pautado en base a las características del propio equipo y sus deportistas, teniendo en cuenta a su vez, variables como la movilidad y fuerza que son capaces de aplicar, principalmente en su brazo dominante.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Anja Edwards Van Muijen, Hub. Joris, Han C. G. Kemper & Gerrit Jan Van Ingen Schenau (1991) Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players, *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 2:2, 103-113, DOI: [10.1080/15438629109511906](https://doi.org/10.1080/15438629109511906)
- Aragón Vela, J.; Fernández Santos, J.; Gómez Espinosa de los Monteros, R.; Carrasco Peña, A.; Mora Vicente, J. y González Montesinos, J.L. (2010). Análisis cinemático del lanzamiento con el brazo derecho e izquierdo en waterpolo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 10 (39) pp. 369-379.
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artanalisis162.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artanalisis162.htm)
- Arede J, Figueira B, Gonzalo-Skok O, Leite N. Validity and reliability of Gyko Sport for the measurement of barbell velocity on the bench-press exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Oct;59(10):1651-1658. doi: 10.23736/S0022-4707.19.09770-6. Epub 2019 Jun 19. PMID: 31219253.
- Argudo, F. M., García-Cervantes, L., & Ruíz, E. (2016). Factores asociados a la eficacia de gol en waterpolo. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (29), 105-108
- Ayllón, F., Santos Leyva, J., & Pantoja García, D. (2004). Relación entre los

parámetros de fuerza, potencia y velocidad, en jugadoras de softball. *Kronos*, 3(6), 13-20.

Balsalobre-Fernández, C., Romero-Franco, N., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries. *Journal of Sports Sciences*, 37(3), 249–253. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1494908>

Bautista González, I. J., Vicente Mampel, J., Baraja Vegas, L., & Martínez, I. (2021). Relación entre la potencia y velocidad en press de banca y la velocidad de lanzamiento de balón en jugadores profesionales de balonmano. *Retos: Nuevas tendencias en Educación Física, Deportes y Recreación*, (40), 53-59.

Belfry GR, Noble EG, Taylor AW. Effects of Two Different Weight Training Programs on Swimming Performance and Muscle Enzyme Activities and Fiber Type. *J Strength Cond Res*. 2016 Feb;30(2):305-10. doi: 10.1519/JSC.0000000000000842. PMID: 26815172.

Borges Hernández, P. J., Ruiz Lara, E., & Argudo Iturriaga, F. M. (2017). Relación entre parámetros antropométricos, agarre máximo y velocidad de lanzamiento en jugadores jóvenes de waterpolo (Relationship among anthropometric parameters, maximal grip and throwing velocity in youth water polo players). *Retos*, 31, 212–218. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i31.50563>

Botonis PG, Toubekis AG, Platanou TI. Evaluation of Physical Fitness in Water Polo Players According to Playing Level and Positional Role. *Sports* (Basel). 2018 Nov 28;6(4):157. doi: 10.3390/sports6040157. PMID: 30487403; PMCID: PMC6315742.

Botonis, P.G.; Toubekis, A.G.; Platanou, T.I. Physiological and tactical on-court demands of water polo. *J. Strength Cond. Res.* 2018.

Cherif, M., Chtourou, H., Souissi, N., Aouidet, A., & Chamari, K. (2016). Maximal power training induced different improvement in throwing velocity and muscle strength according to playing positions in elite male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393-398.
<https://doi.org/10.5604/20831862.1224096>

Davis, T., & Blanksby, B. A. (1977). A cinematographic analysis of the overhand water polo throw. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 17(1), 5-16.

D'Auria, S.; Gabbett, T. A time-motion analysis of international women's water polo match-play. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2008, 3, 305–319.

Elizondo, J. H. (2003). Relación entre diferentes pruebas de campo: fuerza, potencia y velocidad. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 3(1), 1-10.

Fernández, J. J., Vila, M. H. & Rodríguez, F. A. (2004). Modelo de estudio de la estructura condicional a través de un análisis multivariante enfocado a la detección de talentos en jugadores de balonmano. *Motricidad: Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 12, 169-185

Ferragut, Carmen & Abrales, J. Arturo & Manchado, Carmen & Vila Suárez, M^a Elena. (2015). Water polo throwing speed and body composition: An analysis by playing positions and opposition level. *Journal of Human Sport and Exercise*. 10. 81-94. 10.14198/jhse.2015.101.07.

Ferragut, C., Vila, H., Abrales, J. A., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz, P. E. (2011). Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 26-32.

Ferragut C, Vila H, Abrales JA, Manchado C. Influence of Physical Aspects and Throwing Velocity in Opposition Situations in Top-Elite and Elite Female Handball Players. *J Hum Kinet*. 2018 Sep 24;63:23-32. doi: 10.2478/hukin-2018-0003. PMID: 30279938; PMCID: PMC6162974.

García, M., Alcaraz, P. E., Ferragut, C., Manchado, C., Abrales, J. A., Rodríguez, N., & Vila, H. (2011). Composición corporal y velocidad de lanzamiento en jugadoras de élite de balonmano. *Cultura_Ciencia_Deporte*, 6(17), 129-135.

Gyko | Microgate. (n.d.). Retrieved May 10, 2024, from

<https://medical.microgate.it/es/productos/gyko-0>

González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., & Rodríguez-Rosell, D. (2022). Toward a New Paradigm in Resistance Training by Means of Velocity Monitoring: A Critical and Challenging Narrative. *Sports medicine - open*, 8(1), 118. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00513-z>

Gorostiaga, EM, Granados, C., Ibáñez, J., González-Badillo, JJ y Izquierdo, M. (2006). Efectos de una temporada completa sobre los cambios en la condición física de jugadores masculinos de balonmano de élite. *Ejercicio deportivo de ciencia médica*, 38 (2), 357-366.

Gorostiaga, E.M., Granados, C., Ibáñez, J. & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med*, 26, 225-32.

Granados, C., Izquierdo, M., Ibanez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867.

Hams, A., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2019).

Reduced shoulder strength and change in range of motion are risk factors

for shoulder injury in water polo players. *Physical Therapy in Sport*, 40, 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.10.003>

Hermassi S, Chelly MS, Bragazzi NL, Shephard RJ, 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 Nov 15;16(22):4520. doi: 10.3390/ijerph16224520. PMID: 31731726; PMCID: PMC6888376.

Kondrič, M., Uljević, O., Gabrilo, G., Kontić, D. y Sekulić, D. (2012). Perfil antropométrico general y de aptitud física específica de jugadores juveniles de waterpolo de alto nivel. *Revista de cinética humana*, 32 (2012), 157-165.

Lockie RG, Wakely AM, Viramontes E, Dawes JJ. (2023). A Research Note on Relationships Between Age, Body Size, Strength, and Power With Throwing Velocity in High School Water Polo Players. *J Strength Cond Res*. 2023 Aug 1;37(8):e466-e469. doi: 10.1519/JSC.0000000000004501. PMID: 37494123.

Marqués, M. C., Van Den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & GonzálezBadillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 414-422.

- Melchiorri, G., Viero, V., Triossi, T., De Sanctis, D., Padua, E., Salvati, A., Galvani, C., Bonifazi, M., Del Bianco, R., & Tancredi, V. (2015). Water polo throwing velocity and kinematics: differences between competitive levels in male players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(11), 1265–1271.
- Norton, K. & Olds, T. (2001). Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sports Med*, 31 (11), 763-783.
- Piscitelli, F., Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V., & Zancanaro, C. (2016). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, 12(1), 11-20
- Platanou, T. Análisis del movimiento temporal de los jugadores de waterpolo de nivel internacional. *J. hum. Mov. Semental*. 2004, 46, 319–331
- Platanou T, Varamenti E. Relationships between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011 Jun;51(2):185-93. PMID: 21681151.
- Pyne, D. B., & Sharp, R. L. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and*

Exercise Metabolism, 24(4), 351–359. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0047>

Rivilla, J., Sampedro, J., Navarro, F., & Gómez, M. J. (2010). Influencia de la oposición en la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano de élite, amateur y formación. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 18(6), 91-99.

Sánchez, J. A., Ruiz-Orellana, L., Chiroso-Ríos, L. J., Zapata, R. E. L., Viviescas, B. J. B., Chiroso-Ríos, I., ... & Morenas-Aguilar, M. D. (2023). Relación entre la velocidad de lanzamiento y la fuerza específica evaluada a través de dinamometría electromecánica funcional (DEMF) en jugadores de balonmano. *E-balonmano Com*, 19(2), 107-116.

Santospagnuolo A, Bruno AA, Pagnoni A, Martello F, Santoboni F, Perroni F, Vulpiani MC, Vetrano M. Validity and reliability of the GYKO inertial sensor system for the assessment of the elbow range of motion. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Sep;59(9):1466-1471. doi: 10.23736/S0022-4707.19.09331-9. PMID: 31610638.

Smith, H. K. (1998). Applied Physiology in Waterpolo. *Sports Medicine*, 26(5), 317–334.

Terol-Sanchis, M., Elvira-Aranda, C., Gomis-Gomis, M. J., & Pérez-Turpin, J. A. (2021). The Relationship Between Speed and Strength in the Beach

Volleyball Serve. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 39–47.

<https://doi.org/10.2478/hukin2021-0099>

Van der Wende, K. (2005). The effects of game-specific task constraints on the outcome of the water polo shot. Auckland University of Technology, New Zealand.

Vila, H., Abrales, J. A., & Rodríguez, N. (2009). Estudio del perfil antropométrico del jugador juvenil de balonmano en la Región de Murcia. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (16), 80-85

Vila, H.; Ferragut, C.; Abrales, JA; Rodríguez, N. y Argudo, FM (2010). Caracterización antropométrica en jugadores de élite de waterpolo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 10 (40) págs. 652-663. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artcaracterizacion188.htm>

Zamparo P, Turri E, Peterson Silveira R, Poli A. The interplay between arms-only propelling efficiency, power output and speed in master swimmers. *Eur J Appl Physiol*. 2014 Jun;114(6):1259-68. doi: 10.1007/s00421-014-2860-7. Epub 2014 Mar 9. PMID: 24610246.

9. ANEXOS

TABLAS DE CORRELACIONES

Velocidad de lanzamiento-Variables antropométricas:

INDICADOR V2		INDICADOR V1		
		PEN	PENPOR	LANZAMAG
PESO	Correlación	0,412	0,434	0,267
	Significancia	0,100	0,082	0,300
EDAD	Correlación	0,288	0,211	0,394
	Significancia	0,262	0,416	0,118
%GRASA	Correlación	-0,152	-0,138	-0,253
	Significancia	0,559	0,597	0,328
MASAMAGRA	Correlación	,664**	,687**	,539*
	Significancia	0,004	0,002	0,026
ALTURA	Correlación	0,449	0,380	0,305
	Significancia	0,071	0,133	0,233
BRAZO	Correlación	0,321	0,323	0,339
	Significancia	0,208	0,206	0,184
ANTEBRAZO	Correlación	0,280	0,253	0,026
	Significancia	0,276	0,328	0,922
MANO	Correlación	-0,084	-0,216	-0,156
	Significancia	0,748	0,406	0,550
HOMBRO-HOMBRO	Correlación	0,151	0,204	0,154
	Significancia	0,564	0,433	0,554
TRONCO	Correlación	0,414	0,400	0,472
	Significancia	0,098	0,111	0,056
ENVERGADURA	Correlación	,536*	0,431	0,411
	Significancia	0,027	0,084	0,101

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Velocidad de lanzamiento- Movilidad de hombro:

INDICADOR V2		INDICADOR V1		
		PEN	PENPOR	LANZAMAG
ROMIRD	Correlación	-0,424	-,582*	-,509*
	Significancia	0,090	0,014	0,037
ROMIRND	Correlación	-0,420	-,507*	-,540*
	Significancia	0,093	0,038	0,025
ROMERD	Correlación	0,168	0,071	0,156

	Significancia	0,520	0,786	0,550
ROMERND	Correlación	-0,048	-0,123	0,086
	Significancia	0,855	0,639	0,742
ASIMIR	Correlación	-0,053	-0,021	-0,151
	Significancia	0,841	0,935	0,563
ASIMER	Correlación	0,235	0,243	0,090
	Significancia	0,364	0,347	0,731
TOTROMD	Correlación	-0,113	-0,292	-0,175
	Significancia	0,666	0,255	0,501
TOTROMND	Correlación	-0,376	-0,456	-0,446
	Significancia	0,136	0,066	0,072
DIFROM	Correlación	0,371	0,438	0,437
	Significancia	0,143	0,078	0,080
GIRD	Correlación	-0,211	-0,288	-0,227
	Significancia	0,416	0,262	0,382
ERGAIN	Correlación	0,383	0,409	0,295
	Significancia	0,129	0,103	0,250
FLEXHORD	Correlación	-0,002	0,007	-0,122
	Significancia	0,993	0,980	0,640
FLEXHORND	Correlación	-0,097	-0,151	-0,071
	Significancia	0,712	0,562	0,788
ASIMFLEXHOR	Correlación	0,112	0,100	0,087
	Significancia	0,669	0,704	0,741

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Velocidad de lanzamiento – fuerza hombro rotación externa-interna:

	INDICADOR V2	INDICADOR V1		
		PEN	PENPOR	LANZAMAG
FIRD	Correlación	0,444	0,351	0,282
	Significancia	0,074	0,168	0,273
FIRND	Correlación	0,383	0,350	0,272
	Significancia	0,129	0,169	0,292
FERD	Correlación	,540*	,553*	0,454
	Significancia	0,025	0,021	0,067
FERND	Correlación	0,172	0,212	0,205
	Significancia	0,508	0,413	0,431
PBWIRD	Correlación	0,447	0,354	0,285
	Significancia	0,072	0,164	0,267
PBWIRND	Correlación	0,383	0,349	0,271
	Significancia	0,129	0,170	0,292
PBWERD	Correlación	,539*	,553*	0,455

	Significancia	0,026	0,021	0,067
PBWERND	Correlación	0,184	0,220	0,216
	Significancia	0,480	0,396	0,405
RAIOERIRD	Correlación	0,036	0,159	0,148
	Significancia	0,891	0,542	0,570
RATIOERIRND	Correlación	-0,307	-0,232	-0,166
	Significancia	0,231	0,370	0,525

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Velocidad de lanzamiento – fuerza de lanzamiento isométrica

INDICADOR V1	INDICADOR V2	FISOLANZ
PEN	Correlación	,756**
	Significancia	0,000
PENPOR	Correlación	,769**
	Significancia	0,000
LANZAMAG	Correlación	,734**
	Significancia	0,001

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).