



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

RELACIÓN ENTRE LA FUERZA ESPECÍFICA EVALUADA A TRAVÉS DE UN PRESS BANCA Y EL (ROM) DEL HOMBRO, CON LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO EN JUGADORES DE WATERPOLO

Relationship between the specific strength evaluated through a bench press and the shoulder (ROM), with the throwing velocity in waterpolo players.

AUTOR

Iván Pascual Cebollero

TUTOR

María Isabel Cuadrado Santañes

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL DEPORTE

04/09/2025

INDICE

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT AND KEYWORDS	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	9
3. MÉTODO.....	10
3.1 Diseño del estudio	10
3.2 Participantes	10
3.3 Material e instrumento	11
3.4 Procedimientos.....	11
<i>3.4.1 Test de movilidad articular</i>	<i>12</i>
<i>3.4.2 Test de fuerza máxima (press banca)</i>	<i>13</i>
<i>3.4.3 Velocidad de lanzamiento</i>	<i>13</i>
<i>3.4.4 Análisis estadístico.....</i>	<i>14</i>
3.5 Análisis y tratamiento de datos	15
3.6 Consideraciones éticas y tratamiento de datos personales	15
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSIÓN	22
6. LIMITACIONES DEL TRABAJO	25
7. APLICACIONES PRÁCTICAS.....	26
8. CONCLUSIÓN.....	27
9. BIBLIOGRAFÍA	28
10. ANEXOS	34

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente estudio pretende investigar la posible correlación entre la fuerza máxima generada en un test de press banca y la movilidad del hombro, con la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo.

Para ello se seleccionaron 14 jugadores de waterpolo del mismo equipo. Para empezar se les realizó una medición de la movilidad del hombro con una aplicación validada llamada “MyRom”. Posteriormente realizaron un test de fuerza máxima en press banca para calcular el 1RM en esta prueba. Y finalmente con la ayuda de una aplicación validada llamada “Kinovea”, se les analizó la velocidad de lanzamiento a cada jugador. Posteriormente, se utilizó un método de análisis estadístico para analizar las correlaciones entre las distintas variables medidas y la velocidad de lanzamiento.

Como resultado se encontró una correlación positiva fuerte y significativa entre velocidad y fuerza máxima ($r = 0.777$; $p = 0.0011$), mientras que la relación entre velocidad y movilidad de hombro es débil o insignificante a excepción del GIRD, que muestra una correlación negativa moderada con la velocidad ($r = -0.496$; $p = 0.071$).

Concluimos entonces, que la velocidad guarda una fuerte correlación con la fuerza máxima, a diferencia de la movilidad de hombro que no presenta correlaciones significativas con la velocidad, a excepción del GIRD, que guarda una correlación negativa moderada. Es interesante trabajar estos parámetros para alcanzar una mayor velocidad de lanzamiento, ya que este es un factor clave de rendimiento en waterpolo.

Palabras clave: Velocidad de lanzamiento, 1RM, GIRD, ROM. Correlación.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The present study aims to investigate the possible correlation between the maximum strength generated in a bench press test and shoulder mobility, with throwing velocity in water polo players.

For this purpose, fourteen water polo players from the same team were selected. First, their shoulder mobility was measured using a validated application called “MyRom.” Then, they performed a one-repetition maximum (1RM) bench press test to assess their maximal strength. Finally, with the help of a validated application called “Kinovea,” each player’s throwing velocity was analyzed. A statistical analysis method was then used to examine the correlations between the measured variables and throwing velocity.

As a result, a strong and significant positive correlation was found between throwing velocity and maximal strength ($r = 0.777$; $p = 0.0011$), while the relationship between velocity and shoulder mobility was weak or insignificant, except for GIRD, which showed a moderate negative correlation with velocity ($r = -0.496$; $p = 0.071$).

It can be concluded that throwing velocity is strongly correlated with maximal strength, unlike shoulder mobility, which does not show significant correlations with velocity, except for GIRD, which has a moderate negative correlation. It is important to work on these parameters to achieve greater throwing velocity, as this is a key performance factor in water polo.

Keywords: Throwing velocity, 1RM, GIRD, ROM, Correlation.

1. INTRODUCCIÓN

El waterpolo es un deporte de agua colectivo de gran demanda física y técnica que mezcla habilidades de natación, fuerza, resistencia, agilidad, táctica y precisión técnica (Darras, 1998). El lanzamiento a portería se considera uno de los movimientos más determinantes de este deporte, ya que su éxito se asocia con un resultado positivo en el marcador. En este contexto, la velocidad de lanzamiento se manifiesta como un factor clave del rendimiento (Tan et al., 2009).

La velocidad de lanzamiento es determinante en la faceta ofensiva del juego, ya que permite salvar a los defensores y al portero con mayor eficacia (Veliz et al., 2014). En deportes con lanzamientos por encima de la cabeza, como el waterpolo, el balonmano o el beisbol, se ha encontrado una fuerte conexión entre la velocidad del lanzamiento y el éxito ofensivo (Sáez de Villareal et al., 2014). Además, estudios con el de Escalante et al., (2011) nos muestran la diferencia de velocidad de lanzamiento que existe en jugadores de máximo nivel y jugadores de sub-máximo nivel, marcando una clara diferencia en el rendimiento competitivo. También se ha observado diferencias si nos centramos en la posición en el juego y en el género, tal y como nos muestra Vila et al. (2011).

El lanzamiento en waterpolo se identifica por una secuencia compleja de movimientos que implica una transferencia de energía desde el tren inferior hasta el brazo ejecutor. Esta transferencia se conoce como “cadena cinética” y da comienzo en las piernas (durante el impulso en suspensión), pasa al tronco a través de una rotación y acaba el brazo que ejecuta el lanzamiento (Bloomfield et al., 1990; Feltner & Taylor, 1997). Diferentes estudios cinematográficos en 3D como los de Elliott & Armour (1988). y Feltner (1989). Nos han mostrado y

evidenciado que las distintas fases del lanzamiento, incluyendo armado, aceleración y finalización del gesto, dependen de una gran coordinación entre múltiples articulaciones.

En el armado del brazo ejecutor, existe una rotación externa que se combina con una abducción del hombro, lo que permite generar un mayor efecto “látigo” y así, conseguir una mayor aceleración y obtener una mayor potencia para lanzar la bola (Platanou, 2004). Una limitación en esta mecánica puede limitar la capacidad para lanzar a una mayor velocidad.

El rango de movimiento (ROM) del hombro, especialmente en rotación externa, cobra una gran importancia en la eficacia del lanzamiento (Mansilla et al., 2022). Un ROM óptimo permite generar una mayor amplitud de movimiento en el armado del brazo durante el lanzamiento, lo que se relaciona con una aceleración angular más eficaz, lo que da como resultado, una mayor velocidad final del balón (Anthony Romeo, 2024).

Diferentes estudios han mostrado que déficits en la movilidad articular pueden desencadenar en disminuciones en el rendimiento, y además, aumenta el riesgo de lesiones, más concretamente, en deportes de lanzamiento (Wilk et al., 2011; Hibberd et al., 2014). Si nos centramos en el waterpolo, la ejecución del lanzamiento se realiza desde una posición inestable al estar en el agua, lo que hace que este factor cobre aún más relevancia ya que incrementa la exigencia sobre el hombro (Colville & Markman, 2019).

La pérdida de movilidad, especialmente en rotación interna, se ha relacionado con un mayor riesgo de lesiones de lanzadores, como nos muestra, Wilk et al. (2011) en su estudio con jugadores de beisbol profesional. Lo que nos demuestra

que una movilidad del hombro óptima no solo mejora el rendimiento, sino que también es un factor clave para la prevención de lesiones.

La fuerza del tren superior, especialmente en músculos como el pectoral mayor, deltoides y tríceps, está directamente relacionada con la capacidad para conseguir una mayor velocidad en el lanzamiento (Freeston et al., 2016). El ejercicio de press banca ha sido utilizado como universalmente como test para medir la fuerza específica del tren superior en deportes de lanzamiento con la mano, y diferentes estudios han encontrado una relación significativa entre los valores obtenidos en esta prueba y la velocidad de lanzamiento (Sáez de Villareal et al., 2014; Serrien et al., 2016).

Por ejemplo, García-Ramos et al. (2014) nos muestra en su estudio una relación positiva entre la potencia generada en press banca y la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano profesional. Si nos centramos en waterpolo, se encuentra una situación similar, sobre todo, cuando se trabaja con programas de fuerza específicos que incluyen cargas máximas y trabajos de potencia (Zinner et al., 2015).

Además, se ha observado que los jugadores con mayores niveles de fuerza tienden a mostrar un rendimiento mayor en pruebas de salto acuático, lo que se traduce en una mejor posición de lanzamiento (Darras, 1998; Tan et al., 2009).

Aunque tradicionalmente se han investigado el ROM y la fuerza como variables independientes, estudios recientes sugieren que existe una relación importante entre ambas capacidades (Torres-Unda et al., 2023). Un ROM excesivo sin un nivel de fuerza suficiente puede generar una inestabilidad articular, mientras que una fuerza elevada sin movilidad suficiente puede producir una limitación en el rango de la ejecución del lanzamiento (Barrenetxea-García et al., 2023).

Esta interacción entre ambas capacidades ha sido estudiada por diversos autores. Por ejemplo, Hibberd et al. (2014) encontraron que un desequilibrio entre el ROM y fuerza aumentaba el riesgo de lesión en lanzadores. Por otro lado, Martínez et al. (2015) observaron que una buena combinación entre fuerza y ROM era más predictiva de un lanzamiento eficaz que cualquiera de los dos factores por separado.

Si nos centramos en el waterpolo, Freeston et al. (2016) encontraron que tanto la movilidad como la fuerza contribuían positivamente de manera independiente en la velocidad de lanzamiento, pero que el efecto era mayor cuando se daban conjuntamente en niveles óptimos. Esto refuerza el pensamiento de que se debe tener en cuenta esta interacción y no tratar estas variables de manera independiente.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En el presente estudio, **el objetivo principal es analizar la posible relación entre la fuerza máxima del tren superior**, medida mediante el test de 1RM en press banca, **y el rango de movimiento (ROM) del hombro, con la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo**. Se pretende determinar en qué medida estas variables influyen en la capacidad de lanzar a alta velocidad, considerando su relevancia en el rendimiento específico de este deporte. A través de este análisis, se busca aportar evidencia empírica que permita orientar el diseño de programas de entrenamiento más eficaces, que combinen el desarrollo de fuerza y movilidad para optimizar el gesto técnico del lanzamiento y, con ello, el rendimiento global de los deportistas en situaciones reales de juego. Se plantea una **hipótesis inicial de que tanto la fuerza máxima del tren superior como la movilidad de hombro tienen una relación positiva y significativa con la velocidad de lanzamiento**.

3. MÉTODO

3.1 Diseño del estudio: Se llevó a cabo un estudio de carácter correlacional, cuantitativo y transversal, con el objetivo de analizar la relación entre la fuerza máxima del tren superior, evaluada mediante el test de 1RM en press banca, el rango de movimiento (ROM) del hombro, y la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo. La recogida de datos se realizó durante dos jornadas consecutivas para evitar la fatiga y posibles interferencias entre pruebas. La evaluación se desarrolló en condiciones controladas dentro de las instalaciones del club deportivo Stadium Casablanca, combinando mediciones en sala para los tests físicos y en piscina para el análisis de la velocidad de lanzamiento.

3.2 Participantes: En el presente estudio han participado un total de 14 sujetos, todos ellos de género masculino y mayores de edad. Además, todos ellos pertenecen al mismo equipo de waterpolo de categoría semiprofesional absoluto. Como criterios de inclusión se fijaron que todos firmen el consentimiento informado, que tengan entre 18 y 25 años, que entrenen al menos 8 horas semanales y tener una experiencia previa de al menos 3 años jugando a waterpolo.

Como criterio de exclusión se fijó que no podía participar ningún sujeto que tuviera un dolor y/o lesión significativa en el hombro que le impida realizar cualquiera de las pruebas con total normalidad.

Se seleccionaron jugadores del equipo absoluto del centro deportivo Stadium Casablanca. La edad de los sujetos está comprendida entre los 18 y los 24 años, la altura se comprende entre 169 y 190 centímetros y el peso entre los 65 y 95 kilos.

Tabla 1

Medidas Descriptivas de Edad, Peso y Altura de los Participantes

Variable	Media	Desviación estándar
Edad (años)	20,21	2,33
Peso (kg)	78,70	5,83
Altura (cm)	178,92	5,02

Nota: Datos expresados en años, kilogramos (kg) y centímetros (cm).

3.3 Material e instrumento: El estudio se llevó a cabo con una muestra de 14 jugadores masculinos de waterpolo, pertenecientes al mismo equipo de categoría semiprofesional. Se evaluaron tres variables principales: la fuerza máxima del tren superior mediante el test de 1RM en press banca, el rango de movimiento del hombro con la aplicación “MyRom”, y la velocidad de lanzamiento a través del software “Kinovea”. Las pruebas se realizaron en dos jornadas consecutivas para evitar la fatiga, siendo el primer día destinado a las mediciones de fuerza y movilidad articular, y el segundo a la evaluación de la velocidad de lanzamiento en piscina. Posteriormente, se aplicó un análisis estadístico mediante el coeficiente de correlación de Pearson para determinar las relaciones entre las variables.

3.4 Procedimientos: Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en las instalaciones del centro deportivo Stadium Casablanca, utilizándose una sala polivalente para las mediciones de fuerza y rango de movimiento del hombro, y la piscina olímpica del club donde entrena el equipo para la medición de la velocidad de lanzamiento de los jugadores. Previamente a la realización de las pruebas, se les informó a los participantes del procedimiento a seguir y se les

hizo entrega del consentimiento informado, que todos firmaron. Las pruebas se realizaron en 2 días distintos y consecutivos para que la fatiga muscular debido a que el test de fuerza no influyera en los resultados de la prueba de lanzamiento, ya que el equipo suele realizar el acondicionamiento físico en saco con anterioridad al trabajo en agua. Así pues, las pruebas se realizaron por el investigador. El primer día se pidió a los deportistas que leyesen y firmasen de manera voluntaria el consentimiento informado, después se recogieron variables sociodemográficas de edad, peso y talla, se les midió el rango de movimiento del hombro dominante, y finalmente se les realizó la prueba de press banca para hallar la fuerza máxima. El siguiente día, ya descansados y con un calentamiento previo se realizó la medición de la velocidad de lanzamiento en la piscina del club.

3.4.1 Test de movilidad articular

La evaluación del rango de movimiento del hombro se realizó siguiendo el protocolo descrito por Hams, Evans, Adams, Waddington y Witchalls (2019). Para ello se utilizó una camilla estándar en la que se colocó al sujeto evaluado en determinadas posiciones. Para realizar la medición de la rotación interna y externa del hombro, se colocó al sujeto en la camilla en posición de tendido supino y con el cuerpo completamente apoyado en ella. El hombro medido se colocó en una abducción de 90°, el codo en una flexión de 90° y el antebrazo en una posición neutral. Para la medición de la rotación interna, el examinador colocó el móvil sobre la cara dorsal del antebrazo, y para la rotación externa, sobre la cara ventral. Desde esa posición y con la aplicación “MyRom” (Balsalobre, Romero & Jiménez 2019) se midió el máximo punto del rango de movimiento al ir moviendo el brazo hasta este. Como criterios para finalizar la

prueba se establecieron: La elevación del hombro respecto a la posición de contacto con la camilla o la percepción de dolor por parte del participante.

Este procedimiento se realizó 3 veces para cada movimiento (rotación interna y externa del hombro derecho e izquierdo) y se recogió la media de las 3 mediciones en grados (°).

3.4.2 Test de fuerza máxima (press banca)

Para la evaluación de la fuerza máxima del tren superior, nos basamos en el protocolo propuesto por Beachle & Earle (2008). Para ello utilizaríamos un banco de gimnasio, discos de peso y una barra olímpica. Los sujetos empezaron con un calentamiento general de 5 minutos de ejercicio cardiovascular ligero, para continuar con un calentamiento más específico y progresivo. Se empezó con series de 5 a 10 repeticiones al 40-50% del 1RM estimado, se siguió a 3-5 repeticiones al 60-70%, y se acabó el calentamiento específico con 1-2 repeticiones al 80-90% del 1RM. Posteriormente, se realizaron intentos únicos con incrementos progresivos de carga hasta alcanzar el 1RM, permitiendo entre tres y cinco intentos con descansos de 3 a 5 minutos entre ellos.

Se consideraba un intento válido cuando se conseguía realizar el movimiento completo con una técnica adecuada y sin asistencia externa.

Por contrario, no se le daba validez a aquel intento que no hiciera el movimiento completo, que no usara una técnica adecuada o que recibiese asistencia externa para conseguirlo.

3.4.3 Velocidad de lanzamiento

Para calcular la velocidad de lanzamiento se hizo uso de la aplicación ampliamente validada de análisis de movimiento “Kinovea”. Este software

permite el análisis de videos en cámara lenta realizar mediciones de desplazamiento y tiempo.

Para ello se realizó una prueba con su correspondiente grabación en el agua para un posterior análisis con dicha aplicación.

Previamente a la prueba, los sujetos realizaron un calentamiento que incluyó un breve periodo de tiempo de natación suave y continua, de 3 a 5 minutos de pases entre jugadores, y 4 lanzamientos a portería de cada jugador.

Una vez realizado el calentamiento, los jugadores se colocaron a una distancia de 6 metros de portería (línea que delimita la distancia desde la que se puede lanzar después de falta en waterpolo) y cada uno realizó un total de 3 lanzamientos sin portero ni oposición, quedando como marca final el lanzamiento con mayor valoración de los 3, de cada jugador. Entre lanzamiento y lanzamiento los jugadores podían descansar hasta 1 minuto para que la fatiga no tuviera impacto en la prueba.

Los lanzamientos se grabaron desde una vista lateral, con la cámara situada perpendicular al plano de movimiento para reducir el error de paralaje.

Una vez realizadas las grabaciones, con la aplicación “Kinovea”, se seleccionaron los fotogramas que correspondían con el momento que la pelota abandonaba la mano del jugador y el momento en el que la pelota cruzaba la línea de portería, permitiendo así calcular la velocidad mediante la fórmula: $\text{Velocidad} = \text{desplazamiento} / \text{tiempo}$.

3.4.4 Análisis estadístico

Una vez recogidos los datos, y con la intención de relacionar las distintas variables ya descritas, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r). Este permite evaluar el grado de asociación lineal entre dos variables continuas,

asumiendo que ambas presentan una distribución normal. Este proporciona valores entre -1 y 1, donde valores cercanos a ± 1 indican una fuerte relación lineal positiva o negativa, respectivamente, mientras que valores próximos a 0 nos indican una ausencia de correlación lineal (Dancey & Reidy, 2017).

3.5 Análisis y tratamiento de datos: Los datos obtenidos en las diferentes pruebas fueron registrados y organizados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, asegurando su correcta codificación y seudonimización para preservar la identidad de los participantes. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, con el objetivo de identificar la relación lineal entre las variables estudiadas: fuerza máxima (1RM en press banca), rango de movimiento del hombro (ROM) y velocidad de lanzamiento. El umbral de significación estadística se estableció en $p < 0.05$. Además, se aplicaron medidas de seguridad en el almacenamiento digital de los datos, utilizando cifrado AES-256 para proteger los archivos, y procedimientos de destrucción segura al finalizar el periodo de conservación.

3.6 Consideraciones éticas y tratamiento de datos personales: Este estudio ha sido autorizado por la Universidad de Zaragoza (n.º de expediente RAT 2025-162), cumpliendo con la normativa vigente en materia de protección de datos personales, concretamente el Reglamento (UE) 2016/679 (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018 (LOPDGDD). Los datos personales recogidos (nombre, apellidos, imagen, características físicas, resultados de pruebas, entre otros) fueron tratados de forma lícita, transparente, pertinente y limitada a los fines del estudio, siendo seudonimizados tras su recogida y gestionados mediante sistemas cifrados (AES-256). Los consentimientos informados se obtuvieron por escrito y fueron custodiados bajo llave por el investigador principal. El

almacenamiento y tratamiento digital se realizó mediante software como Microsoft Excel y Kinovea, asegurando en todo momento la confidencialidad e integridad de la información. Una vez finalizado el estudio, todos los datos personales serán destruidos de forma segura, conservándose únicamente los resultados anonimizados.

4. RESULTADOS

Los análisis descriptivos de los jugadores participantes en el estudio son representados en la figura 2. Dando como resultado, una edad media de 20,21 +/- 2,33 años, un peso corporal de 78,70 +/- 5,83 kilogramos y una altura de 178,92 +/- 5,02 centímetros.

Tabla 1

Medidas Descriptivas de Edad, Peso y Altura de los Participantes

Variable	Media	Desviación estándar
Edad (años)	20,21	2,33
Peso (kg)	78,70	5,83
Altura (cm)	178,92	5,02

Nota: Datos expresados en años, kilogramos (kg) y centímetros (cm).

Los datos estadísticos descriptivos de las variables de la movilidad del hombro se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos de la movilidad del hombro

Variable	Descripción	Media (DS)
ROMIRD (°)	Rotación interna hombro dominante	55,2 (5,4)
ROMIRND (°)	Rotación interna hombro no dominante	70,5 (6,1)
ROMERD (°)	Rotación externa hombro dominante	110,8 (7,5)
ROMERND (°)	Rotación externa hombro no dominante	104,8 (6,8)

ASIMIR (%)	Asimetría en la rotación interna	21,7 (5,9)
ASIMER (%)	Asimetría en la rotación externa	5,7 (2,4)
TOTROMD (°)	Rango total hombro dominante	166,0 (9,2)
TOTROMND (°)	Rango total hombro no dominante	175,3 (8,6)
DIFROM (°)	Diferencia total de movilidad entre hombros	9,3 (3,9)
GIRD (°)	Déficit de rotación interna hombro dominante	15,3 (3,1)
ERGAIN (°)	Ganancia de rotación externa hombro dominante	6,0 (2,7)

Nota: La tabla muestra los valores medios y desviaciones estándar (DS) de las variables relacionadas con la movilidad de hombro en jugadores de waterpolo.

En la tabla 3, se observa la fuerza máxima (press banca)

Tabla 3

Estadísticos descriptivos del 1RM en press banca.

Variable	Media	Desviación estándar
1RM Press banca (Kg)	87,3	9,8

Nota: 1RM = Repetición máxima en press banca.

En cuanto a la tabla 4, nos indica los valores de velocidad de lanzamiento

Tabla 4

Velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo

Variable	Media	Desviación estándar
LANZ6M (m/s)	19,2	1,16

Nota: La tabla muestra los valores medios y desviaciones estándar (DS) de la velocidad de lanzamiento de balón en jugadores de waterpolo.

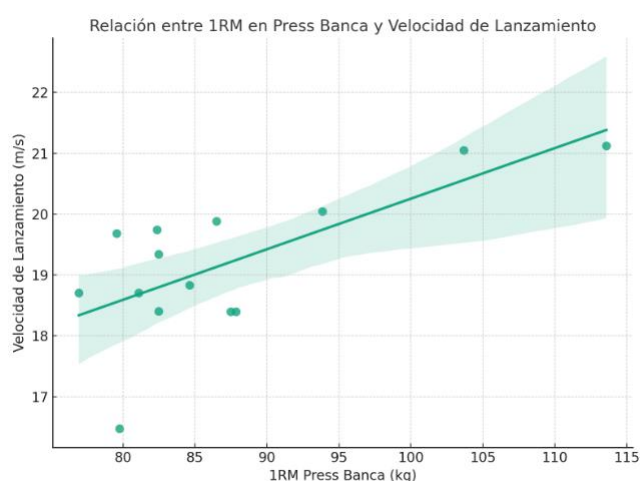
Debido a la importancia que, Alcaraz et al. (2011)., Melchiorri et al. (2015) y Tan et al. (2009)

le dan a la velocidad de lanzamiento para obtener un mayor rendimiento deportivo, con los distintos datos que hemos obtenido, se pasó a analizar la relación existente entre los datos obtenidos en la prueba del press banca y la velocidad de lanzamiento, y entre los datos obtenidos de las distintas variables de movilidad del hombro y la velocidad de lanzamiento.

En la gráfica vemos la correlación entre la fuerza máxima en press banca y la velocidad de lanzamiento de nuestros sujetos.

Gráfica 1

Relación entre 1RM en press banca y velocidad de lanzamiento



En la gráfica observamos una pendiente ascendente clara, lo que nos indica que existe una correlación positiva fuerte y significativa entre las dos medidas. Conforme aumenta el valor del 1RM, también aumenta el valor de la velocidad de lanzamiento. El coeficiente de correlación obtenido es de $r=0.777$, lo que nos indica una correlación positiva fuerte, y $p=0.0011$, lo que nos indica que la relación es estadísticamente significativa.

Una vez relacionada la velocidad de lanzamiento con el 1RM en press banca, toca relacionar las variables de la movilidad de hombro con la velocidad de lanzamiento. Esta relación la podemos observar en la tabla 5.

Tabla 5

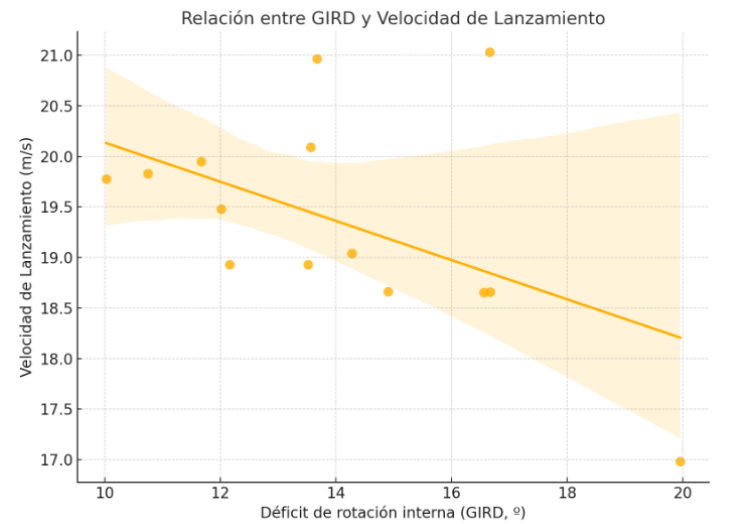
Correlaciones de Pearson entre variables de movilidad del hombro y la velocidad de lanzamiento

Variable de movilidad	R	P
ROMIRD (°)	0.098	0.7382
ROMIRND (°)	0.205	0.4828
ROMERD (°)	-0.0449	0.1074
ROMERND (°)	0.006	0.9838
ASIMIR (%)	0.192	0.5109
ASIMER (%)	0.298	0.3007
TOTROMD (°)	-0.207	0.4787
TOTROMND (°)	-0.223	0.4441
DIFROM (°)	0.287	0.3201
GIRD (°)	-0.496	0.0711
ERGAIN (°)	-0.381	0.1788

Como podemos ver en la tabla 6, ninguna de las variables es estadísticamente significativa ($p < 0.05$), aunque el déficit de rotación interna (GIRD), sí que muestra una correlación moderada y negativa, como se muestra en la gráfica 2, ($r = -0.496$; $p = 0.071$), lo que podría ser una tendencia: a mayor déficit de rotación interna, menor velocidad de lanzamiento. El resto de las variables muestran una relación débil o inexistente con la velocidad de lanzamiento. En la gráfica 2 vemos la gráfica de correlación de la única variable de movilidad de hombro que llega a tener una correlación moderada, y en este caso negativa, con la velocidad de lanzamiento. En la gráfica observamos una pendiente descendente, lo que nos indica que existe una correlación negativa entre las dos medidas.

Gráfica 2

Relación entre el GIRD y la velocidad de lanzamiento



Concluyendo así, que los resultados obtenidos nos muestran que la velocidad de lanzamiento presenta una relación positiva y significativa con el 1RM en press banca, lo que nos sugiere que una mayor fuerza máxima del tren superior contribuye de manera positiva al rendimiento deportivo en el lanzamiento. Mientras que la movilidad de hombro muestra correlaciones bajas y no significativas, a excepción del GIRD, que presenta una correlación negativa moderada, indicando una posible tendencia a que cuanto mayor es el déficit de movilidad interna, menor tiende a ser la velocidad de lanzamiento.

5. DISCUSIÓN

Los resultados que se han obtenido de este estudio nos indican que la velocidad de lanzamiento y la fuerza máxima del tren superior, medida mediante el 1RM en press banca ($r = 0.777$; $p = 0.0011$), están positiva y fuertemente correlacionadas de manera significativa. Estos resultados coinciden con investigaciones como la de Marques et al. (2007), quienes reportaron una correlación similar ($r \approx 0.637$; $p = 0.014$) entre fuerza máxima y velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano élite. Además, estudios como Cherif et al. (2016) han constatado mejoras significativas en la velocidad del lanzamiento y en el 1RM tras programas de entrenamiento orientados a la fuerza y la potencia en deportistas de lanzamiento.

Estos resultados se alinean también con el análisis de línea de fuerza-velocidad en Løken et al. (2021), quienes compararon técnicas de bench press throw en jugadores de balonmano y observaron que, a pesar de las variaciones en técnica, tanto la fuerza máxima como las mejoras en potencia se asociaron con incrementos en la velocidad de lanzamiento. Por tanto, nuestros resultados refuerzan la idea de que el desarrollo de fuerza máxima y potencia muscular tiene una transferencia directa al rendimiento específico del gesto técnico del lanzamiento.

Por otro lado, el análisis de la movilidad del hombro reflejó correlaciones generalmente débiles y no significativas entre la mayoría de variables (ROM interno/externo, asimetrías, ROM total) y la velocidad de lanzamiento ($r < 0.30$), lo cual indica una influencia limitada de la movilidad articular en condiciones funcionales normales. Sin embargo, el déficit de rotación interna del hombro dominante (GIRD) emergió como la única variable con correlación

negativa moderada y tendencia ($r = -0.496$; $p = 0.071$), sugiriendo que mayores déficits podrían estar vinculados a menores velocidades de lanzamiento.

Este patrón es consistente con investigaciones sobre atletas de lanzamiento, especialmente en béisbol, donde la presencia de GIRD ha mostrado correlaciones negativas similares ($r \approx -0.45$ a -0.55) con la velocidad de lanzamiento, aunque los resultados son mixtos en cuanto a su significancia.

Por ejemplo, Smith et al. (2019) no encontraron asociación significativa entre GIRD y velocidad de bola en lanzadores escolares ($p = 0.333$), aunque sí indicaron una tendencia a la disminución de la eficiencia mecánica en presencia de pérdida interna de rotación.

Otros estudios como Manske et al. (2013) o Rose et al. (2018) describen que el GIRD y la pérdida del rango total de rotación pueden predisponer al atleta a disfunciones del complejo glenohumeral, y que la estabilidad y salud de la articulación son esenciales, aunque su impacto directo sobre la velocidad de lanzamiento no siempre sea significativo.

En este sentido, Kirsch et al. (2019) resaltan que GIRD puede deteriorar la función del hombro en atletas de lanzamiento, incluso sin afectar directamente la velocidad de lanzamiento, lo que subraya su importancia clínica más allá del rendimiento mecánico.

Los estudios de Van den Tillaar y Ettema (2004) y otros revisados sobre balonmano y waterpolo también muestran que la movilidad del hombro sólo cobra relevancia cuando existen asimetrías marcadas o déficits funcionales severos. Esto apoya nuestro hallazgo: en ausencia de disfunción clara, la movilidad no es determinante del rendimiento. Sin embargo, la presencia de

GIRD sugiere implicaciones prácticas importantes en términos de técnica de lanzamiento y salud articular.

Desde el punto de vista metodológico y de prescripción de ejercicio, la fuerza máxima (1RM) y la potencia específica (tal como producida en press banca o pullover) se confirman como predictores sólidos del rendimiento en el lanzamiento. Estudios como Palao et al. (2019) mantienen que el entrenamiento de fuerza y potencia mejora consistentemente la velocidad de lanzamiento en deportes de equipo. Igualmente, se reconoce que la potencia en cargas moderadas (30–60 % de 1RM) puede presentar una correlación más estrecha con la velocidad del lanzamiento que la fuerza máxima aislada. Simultáneamente, la detección de déficits como el GIRD debe integrarse en las valoraciones funcionales iniciales del deportista, no tanto porque afecte directamente al rendimiento, sino porque puede condicionar la técnica, predisponer a alteraciones biomecánicas o aumentar riesgo de lesión, incluso si la velocidad de lanzamiento no se ve inmediatamente comprometida. Finalmente, nuestros resultados apoyan un enfoque multifactorial del rendimiento en el lanzamiento: requieren interacción entre fuerza, potencia, movilidad funcional, técnica, coordinación neuromuscular y factores antropométricos. Trabajos como García-Ramos et al. (2017) han demostrado que la relación carga-velocidad en ejercicios como bench press throw permite una optimización del entrenamiento de fuerza para mejorar parámetros específicos de rendimiento. Asimismo, la literatura actual sobre velocity-based training sugiere que monitorizar la velocidad de empuje (mean propulsive o peak velocity) permite prescribir cargas de forma más precisa y maximizar la transferencia al gesto técnico del lanzamiento

6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

El estudio presenta una serie de limitaciones que deben ser consideradas a la hora de interpretar los resultados.

El tamaño de la muestra del estudio es reducido, ya cuenta con 14 jugadores, un tamaño que limita la generalización de los hallazgos obtenidos en el estudio.

En cuanto a la medición de la velocidad de lanzamiento, esta se realizó mediante aplicación observacional “Kinovea”. Esta, es una aplicación validada y fiable, pero puede que no sea igual de precisa que otros instrumentos como pistolas láseres para medir velocidad.

Además, el estudio se centra en la fuerza máxima en el tren superior y en el ROM del hombro, pero a la hora de lanzar un balón en waterpolo hay variables que no se han podido contemplar y que pueden influir en la velocidad de lanzamiento, tales como, la técnica individual o características antropométricas de los jugadores.

7. APLICACIONES PRÁCTICAS

Con los resultados que hemos obtenidos, y como estudiante de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, debemos hablar como aplicar estos resultados a la práctica.

En primer lugar, viendo la fuerte correlación entre la fuerza máxima en press banca y la velocidad de lanzamiento, se recomienda que los entrenadores prioricen el desarrollo de la fuerza del tren superior, especialmente en músculos como pectoral, deltoides y tríceps. Ejercicios como el press banca, lanzamientos con balón medicinal o movimientos de empuje, pueden ayudar a mejorar la transferencia hacia el gesto del lanzamiento.

De la misma manera, la relación negativa moderada entre el déficit de rotación interna y la velocidad de lanzamiento recomienda la inclusión de programas de estiramientos, movilidad específica y fortalecimiento de rotadores internos con el objetivo de reducir desequilibrios articulares y prevenir lesiones.

Además, los resultados señalan la necesidad de abordar el entrenamiento de fuerza y movilidad de manera conjunta, ya que ambas capacidades no deben tratarse de forma aislada. Una planificación combinada permitirá optimizar la eficiencia en la cadena cinética del lanzamiento y aprovechar mejor el rango de movimiento disponible, lo que se traduce en un incremento del rendimiento.

En último lugar, resulta fundamental que las mejoras logradas en fuerza y movilidad no se queden únicamente en el entrenamiento físico, sino que se lleven también a la práctica real del juego. Para conseguirlo, es conveniente incluir ejercicios técnico-tácticos que simulen situaciones habituales de partido, como lanzamientos con la presión de un defensor, con un tiempo reducido para ejecutar el gesto o desde distintas posiciones en el agua.

8. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio nos muestran una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre la velocidad de lanzamiento y el 1RM en press banca ($r = 0.777$; $p = 0.0011$), sugiriéndonos que una mayor fuerza máxima del tren superior (press banca), se corresponde con una mayor velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo.

Mientras que, si nos centramos en la relación entre la velocidad de lanzamiento y la movilidad del hombro encontramos que el único indicador que mostró una relación relevante fue el GIRD, con una correlación negativa moderada ($r = -0.496$; $p = 0.0711$), Aunque este resultado no alcanzó significación estadística, podría indicar que un déficit de rotación interna en el brazo dominante afecta negativamente la velocidad de lanzamiento. El resto de las variables correspondientes a la movilidad del hombro fueron muy leves o sin significancia estadística.

Aun así, diversos estudios nos sugieren que la fuerza máxima del tren superior y la movilidad de hombro no actúan por separado. Una buena movilidad permite aplicar la fuerza de manera más eficiente a lo largo del gesto técnico, y al mismo tiempo, una mayor fuerza puede aprovechar mejor el rango de movimiento disponible lo que se puede traducir en una velocidad de lanzamiento más elevada.

Por todo ello, se aconseja realizar programas de entrenamiento que busquen trabajar tanto la fuerza máxima del tren superior, como la movilidad del hombro, especialmente el déficit de rotación interna del brazo dominante, con el objetivo de aumentar la velocidad de lanzamiento, ya que es un factor clave de rendimiento.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, P. E., Abrales, A., Ferragut, C., Rodríguez, N., Argudo, F. M., & Vila, M. H. (2011). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of women's European water polo sub-champions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 3051–3058 <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212e20f>
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (3rd ed.). National Strength and Conditioning Association (NSCA). Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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>
- Bloomfield, J., Ackland, T. R., & Elliott, B. C. (1994). *Applied anatomy and biomechanics in sport* (1^a ed.). Blackwell Scientific Publications.
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S., & Chamari, K. (2020). Effects of resistance training on throwing velocity in handball: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082663>
- Colville, J., & Markman, H. (2019). Throwing performance in water polo is related to in-water shoulder proprioception. *Journal of Sports Sciences*,

<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1648987>ResearchGate

Dancey, C. P., & Reidy, J. (2017). *Statistics without Maths for Psychology* (7.^a ed.). Pearson Educación.

Darras, N. (1998). The penalty throw in water polo: A cinematographic analysis.

Journal of Sports Sciences, 6(2), 103–114.

<https://doi.org/10.1080/02640418808729801>Taylor & Francis Online

Elliott, B. C., & Armour, J. (1988). Three-dimensional cinematographic analysis

of water polo throwing in elite performers. *Journal of Sports Sciences*, 6(2),

103–114. <https://doi.org/10.1080/02640418808729801>Taylor & Francis

[Online](https://doi.org/10.1080/02640418808729801)

Escalante, Y., Saavedra, J. M., Tella, V., Mansilla, M., García-Hermoso, A., &

Domínguez, A. M. (2011). Differences and discriminatory power of water

polo performance indicators in men in international championships and their

relationship with the phase of the tournament. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 25(3), 893–901.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c6a02f>

Feltner, M. E., & Taylor, G. (1997). Three-dimensional kinetics of the shoulder,

elbow, and wrist during a penalty throw in water polo. *Journal of Applied*

Biomechanics, 13(3), 347–372. <https://doi.org/10.1123/jab.13.3.347>

Freeston, J., Ford, M., & Rooney, K. (2016). Throwing performance in water

polo is related to in-water shoulder proprioception. *Journal of Sports*

García-Ramos, A., et al. (2014). 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, Deporte y Recreación*, (26), 15–19.

Hams, A. H., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2019). Throwing performance in water polo is related to in-water shoulder proprioception. *Journal of Sports Sciences*, <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1648987> 37(22), 2588–2595.

Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2016). Maximal strength training improves throwing velocity and muscle power in male handball players. *Biology of Sport*, 33(4), 393–398.

Hibberd, E. E., Oyama, S., Tatman, J., & Myers, J. B. (2014). Dominant-limb range-of-motion and humeral-retrotorsion adaptation in collegiate baseball and softball position players. *Journal of Athletic Training*, 49(4), 507–513. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.23>Grafiati+1PubMed+1

Mansilla, M., Tella, V., & Escalante, Y. (2022). Association between anthropometric, biomechanical and strength parameters and throwing velocity in elite water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 82, 123–132. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0010>

Manske, R. C., & Shaft, E. (2013). Glenohumeral motion deficits: Friend or foe? *Sports Health*, 5(5), 486–493. PMID PMC3811728

- 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(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Martínez, A., et al. (2015). Relación entre parámetros antropométricos y la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10(1), 123–131. <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.101.10RUA>
- Melchiorri, G., Padua, E., Padulo, J., D'Ottavio, S., Campagna, S., & Bonifazi, M. (2015). Water polo throwing velocity and kinematics: Differences between competitive levels in male players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5), 566–573.
- Petruzela, J., Hermassi, S., Zivcic, M., & Chelly, M. S. (2023). Conditioning strategies for improving handball throwing performance: A systematic review. *Sports Medicine Open*, 9(1), 122. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00785-7>
- Platanou, T. (2004). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(1), 26–31. <https://www.researchgate.net/publication/7557820>
- Romeo, A. (2024). Shoulder injury in water polo: A systematic review of incidence and intrinsic risk factors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(4), 368–377.

Rose, M. B., & Noonan, T. J. (2018). Glenohumeral internal rotation deficit in throwing athletes. *Sports Health*, 10(3), 256–264. PMID PMC5865552

Sáez de Villarreal, E., et al. (2014). Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 1042–1050.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000243>

Serrien, B., et al. (2016). The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Journal of Sports Sciences*, 34(2), 1–8.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1048521>

Smith, D. G., Bae, S., Lizzio, V. A., et al. (2019). Relationship between throwing mechanics, medial elbow torque, and ball velocity in youth baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 18(5), 633–640.

Tan, F. H. Y., et al. (2009). Importance of jumping ability in handball throwing speed and accuracy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 708–714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a0d8d2>

Torres-Unda, J., et al. (2023). Kinetic chain contributions to shoulder function and dysfunction in sports. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(2), 123–132. <https://doi.org/10.26603/001c.73234>

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. (2004). A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. *Journal of Sports Science & Medicine*, 3(4), 211–219. PMCID PMC3938059

Veliz, R., et al. (2014). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of women's European water polo subchampions. *Journal of Human Kinetics*, 42, 123–132. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0063>

Vila, H., et al. (2011). Position-specific anthropometry and throwing velocity of elite female water polo players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 283–295. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.10RUA>

Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in elite handball players. *Journal of Sports Science & Medicine*. PMCID PMC3737895

Wilk, K. E., Macrina, L. C., Fleisig, G. S., et al. (2011). Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 39(2), 329–335. <https://doi.org/10.1177/0363546510384223>

10. ANEXOS

ANEXO 1. Documento de consentimiento informado

Título del PROYECTO: "Relación entre la fuerza específica evaluada a través de un press banca y el (ROM) del hombro, con la velocidad de lanzamientos en jugadores de waterpolo."

Yo, (nombre y apellidos del participante)

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.
- He hablado con:(nombre del investigador)
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
 - 1) cuando quiera
 - 2) sin tener que dar explicaciones
 - 3) sin que esto repercuta en mí

Presto libremente mi consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos conforme se estipula en la hoja de información que se me ha entregado

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: **SÍ NO** (marque lo que proceda)

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha: _____

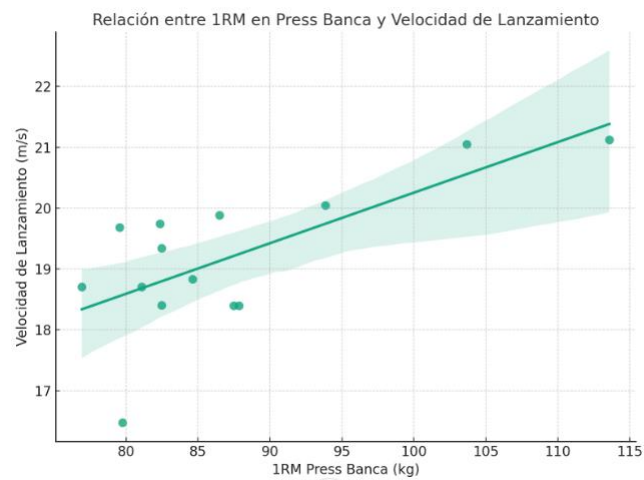
He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador: _____

Fecha: _____

ANEXO 2. Graficas de correlación de Pearson

Velocidad de lanzamiento-1RM Press Banca:



Velocidad de lanzamiento-GIRD

