

# Relación entre el trabajo de fuerza en seco y el trabajo de fuerza en el agua en jugadores de waterpolo

*Relationship between Land Strength Work and Water Strength Work in Water Polo Players*

**MOISÈS VILA BLANCH**  
**JOAN SOLÉ FORTÓ**  
**JOSEP MARIA PADULLÉS RIU**

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya – Centro de Barcelona (España)

Correspondencia con autor

Moisès Vila Blanch  
[aremoi23@hotmail.com](mailto:aremoi23@hotmail.com)

## Resumen

El propósito del presente estudio fue determinar si se establecen correlaciones entre la potencia muscular de las extremidades superiores e inferiores, mediante los ejercicios pectoral contractor o “pec-deck” y prensa de piernas, con la velocidad de lanzamiento con dos técnicas distintas (T1: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua. T2: lanzamiento con doble finta), la altura y altura mantenida de salto y las características antropométricas en 9 jugadores de la selección catalana de waterpolo ( $16,8 \pm 0,8$  años, masa corporal de  $73,5 \pm 7,2$  kg, altura de  $184,7 \pm 7,9$  cms y IMC de  $21,5 \pm 1,3$  (kg·m<sup>-2</sup>). Los resultados indicaron que aunque no existe significación estadística, si se observa una tendencia a una correlación moderada entre la máxima potencia en el ejercicio de *peck-deck* y la máxima velocidad de lanzamiento con ambas técnicas de lanzamiento ( $r = 0,50$ ,  $p > 0,05$  y  $r = 0,66$   $p > 0,05$ , técnica 1 y técnica 2, respectivamente). Las correlaciones entre la máxima potencia en prensa de piernas y la máxima altura y altura mantenida de salto fueron bajas y no significativas ( $r = 0,31$   $p > 0,05$  y  $r = 0,00$   $p > 0,05$ , respectivamente). Finalmente, se determinó a nivel antropométrico, que el peso, envergadura y peso muscular correlacionaban con la potencia mecánica en la máquina de “peck-deck” ( $r = 0,867$   $p < 0,01$ ); ( $r = 0,71$   $p < 0,05$ ); ( $r = 0,86$   $p < 0,01$ ), respectivamente.

**Palabras clave:** fuerza, waterpolo, potencia mecánica, composición corporal

## Abstract

### *Relationship between Land Strength Work and Water Strength Work in Water Polo Players*

*The purpose of this study was to determine if there are any correlations between muscle power of the upper and lower extremities using the peck-deck exercise and leg press with throwing velocity using two different techniques (T1: throwing with initial support of the ball in the water; T2: throwing with double feint), the height and maintained height of jumping and anthropometric characteristics in 9 players from the Catalan water polo team ( $16.8 \pm 0.8$  years, body mass  $73.5 \pm 7.2$  kg, height  $184.7 \pm 7.9$  cm and BMI  $21.5 \pm 1.3$  [kg·m<sup>-2</sup>]). The results indicate that although there is no statistical significance there is a tendency toward moderate correlation between the maximum power in the peck-deck exercise and maximum throwing velocity with both techniques ( $r = 0.50$   $p > 0.05$  and  $r = 0.66$   $p > 0.05$ , technique 1 and technique 2 respectively). The correlations between maximum leg press power and the maximum height and maintained height of jumping were low and not significant ( $r = 0.31$   $p > 0.05$  and  $r = 0.00$   $p > 0.05$  respectively). Finally, we found that anthropometrically weight, size and muscle weight correlated with mechanical power on the peck-deck machine ( $r = 0.867$   $p < 0.01$ ); ( $r = 0.71$   $p < 0.05$ ); ( $r = 0.86$   $p < 0.01$ ) respectively.*

**Keywords:** strength, water polo, mechanical power, body composition

## Introducción

En el transcurso de un partido de waterpolo se producen muchas acciones de distinta duración e intensidad, como saltar, lanzar, luchar, nadar, etc. En este tipo de deportes, que requieren de una óptima combinación de fuerza y velocidad, tener la capacidad para generar potencia muscular parece ser decisivo para maximizar el rendimiento (Izquierdo, Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibañez, & Gorostiaga, 2002). Es por ello que, un buen desarrollo de estas cualidades va a permitir que las acciones deportivas se realicen de forma más eficiente y exitosa (Baker, 1995; Saez Saez, 2006).

De las diferentes acciones que se producen durante el partido, el lanzamiento es considerado una de las más determinantes. La combinación de una alta velocidad en el lanzamiento junto con una buena precisión dificultará que el balón sea interceptado tanto por los defensores como para los porteros. Según los diferentes autores, la velocidad del lanzamiento en waterpolo depende de diferentes factores como: la fuerza muscular, la técnica, la adecuada sincronización de los diferentes segmentos corporales, la capacidad de elevación del cuerpo fuera del agua en el lanzamiento y las características antropométricas (Joris, Van Muyen, Van Ingen Schenau, & Kemper, 1985; McCluskey et al., 2010).

Otras acciones, consideradas también muy importantes en este deporte, son la altura de salto y la altura mantenida. En el transcurso del juego aparecen muchas situaciones donde el cuerpo se mueve verticalmente fuera del agua con el objetivo de lanzar a portería, bloquear un lanzamiento o para pasar el balón (Platanou, 2005; Sanders, 1999). Destacamos que los estudios publicados se han centrado principalmente en valorar la máxima altura de salto, y no en la capacidad de mantener lo más alto posible el cuerpo fuera del agua.

En la bibliografía científica son muchos los estudios que se han interesado en determinar si existe correlación entre los ejercicios generales de fuerza y las acciones específicas del deporte (Baker & Nance, 1999; Bosco, 1997; Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdet, 2005; Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007). Por ejemplo, en diferentes trabajos se ha demostrado una fuerte correlación entre la altura de salto vertical en el suelo con la producción de fuerza y potencia de las extremidades inferiores (Ashley & Weiss 1994; Canavan & Vescovi, 2004; Podolsky, Kaufman, Cahalan, Aleshinsky, & Chao, 1990). También ha sido de gran interés la respuesta que producen diferentes métodos de entrenamiento sobre los niveles de fuerza y

potencia muscular, induciendo así a la mejora del rendimiento deportivo específico de cada deporte (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard 2010; Van den Tillar, 2004).

En el ámbito del waterpolo, la evaluación de la fuerza y potencia muscular, y su relación con el rendimiento del juego, ha sido muy poco investigada. Bloomfield, Blanksby, Ackland y Allison (1990) han valorado la fuerza isométrica de agarre, la extensión del brazo y la fuerza de rotación mediante un cable de tensiometría. No encontraron modificaciones en la velocidad de lanzamiento, pero sí incrementos en los niveles de fuerza. En el estudio realizado por Ferregut, Vila et al. (2011) se evidenció una correlación entre la fuerza isométrica de agarre y la velocidad de lanzamiento con portero, pero no en otras situaciones de lanzamiento. Krueger, Focke, Sperlich, Zinner y Mester (2010) constatan una correlación moderada entre la fuerza dinámica máxima del “pull-over” y rotación de tronco hacia la izquierda, con la velocidad de lanzamiento.

En relación con las extremidades inferiores, Saez Saez (2006); Platanou (2005); Platanou y Varamenti (2011) y Sanders (1999), comprueban que no existe correlación entre el salto vertical en seco y en el agua. Los autores atribuyen estos resultados a las particularidades técnicas del movimiento requeridas en el agua. Por otro lado, Krueger et al. (2010) y McCluskey et al. (2010) encuentran una correlación moderada entre extremidades inferiores y la velocidad de lanzamiento.

La comunidad científica también se ha interesado por la composición corporal de los deportistas, permitiendo proporcionar información sobre la estructura del deportista y las adaptaciones producidas causadas por el entrenamiento (Vila et al., 2009). Además, también se ha estudiado la influencia de estas características antropométricas con el rendimiento deportivo. En esta línea, algunos autores han analizado las características antropométricas con las variables de rendimiento en waterpolo, especialmente con el lanzamiento (Ferregut, Vila et al., 2011; Wende, 2005; Vila et al., 2009). En el estudio presentado por Wende (2005) se determinó relación entre la circunferencia del brazo con la velocidad de lanzamiento. Vila et al. (2009) establecieron correlaciones entre el diámetro del fémur y la longitud acromion radial con la velocidad de lanzamiento sin portero. Finalmente, Ferregut, Vila et al. (2011) observaron que tanto la anchura biacromial como la anchura biepicondilar del fémur correlacionan con la velocidad de lanzamiento con portero.

En waterpolo, parte importante del entrenamiento de la fuerza es realizado fuera del agua, y está orientado a incrementar la fuerza y potencia muscular, así como también a la prevención de lesiones. Para ello se utiliza material del gimnasio (pesas libres y máquinas de musculación), dejando en un segundo plano la especificidad en el entrenamiento de esta cualidad (Smith, 1998). Además, los estudios que realizan evaluaciones en el agua se centran principalmente en medir la máxima velocidad de lanzamiento en distintas situaciones y la máxima altura de salto. No aparecen investigaciones dónde se valore la capacidad de mantener, lo más alto posible, el cuerpo fuera del agua durante un determinado tiempo. Es por ello, que tanto por su nivel de especificidad, cómo por su importancia en las acciones defensivas, debería de ser incluido en el protocolo de valoración. En este trabajo se presenta una propuesta para su control.

Por último, el propósito del presente estudio es determinar si se establecen correlaciones entre la potencia muscular de las extremidades superiores e inferiores, mediante los ejercicios de “peck-deck” y prensa de piernas, con la velocidad de lanzamiento, la altura y altura mantenida de salto y las características antropométricas en jugadores de waterpolo.

## Material y métodos

### Sujetos

Nueve jugadores, de la Federación Catalana de Waterpolo, con una media de edad de  $16,8 \pm 0,8$  años, masa corporal de  $73,5 \pm 7,2$  kg y altura de  $184,7 \pm 7,9$  cm, IMC de  $21,5 \pm 1,3$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ), envergadura de  $192,4 \pm 7,8$  cm, % grasa  $10,9 \pm 2,1$ , peso grasa  $8,1 \pm 2,1$  kg, % muscular  $48,6 \pm 1,6$  y peso muscular de  $35,7 \pm 3,5$  kg participaron voluntariamente en este estudio. Todos los sujetos eran jugadores de campo y entrenaban una media de 15 horas/semana. Los jugadores fueron informados del objetivo, contenido y características del proyecto. Asimismo, todos ellos firmaron por escrito el consentimiento para formar parte de la muestra. Ninguno de ellos padecía ninguna enfermedad o lesión que pudiera limitar el rendimiento deportivo.

### Material

El material que se utilizó para la realización de este estudio fue el siguiente:

- Velocímetro Radar Stalker Pro (Applied Concepts Inc., Plano Texas, TX, USA) con una precisión  $\pm 0,1$  MPH, rango de velocidad 1 -300 MPH, 1-480 KPH con una frecuencia de registro de 100Hz y con 0,045 sensibilidad  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Las unidades de medida se expresaron en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Equipo de valoración para la fuerza y la potencia MuscleLab modelo 4000/4000e (Ergotest Innovtion a.s., Porsgrum Norway. Las unidades de los valores de fuerza obtenidos se expresaron en vatios (W).
- Balón de waterpolo, modelo Mikasa 6000W Tricolor.
- Portería reglamentaria de waterpolo, medidas de  $3 \times 0,90$  m.
- Material de cineantropometría: báscula (kg), tallímetro (cm), plicómetro (mm), y antropómetro (cm).
- Cámara de filmar Casio ComputerCo.,Ltd EXILIM High speed EXFC 100,Tokio.
- Trípode Hama Star 5 Traveller.
- Programa Kinovea 0.8.15. Las unidades se expresaron en m.
- Programa estadístico SPSS Inc., Chicago, IL, USA v.18.0.

### Procedimiento

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de Sant Cugat del Vallès (Barcelona). Se contó con la participación de la unidad de fisiología del CAR y del laboratorio de fisiología del INEFC Barcelona.

El procedimiento que se aplicó para el desarrollo del presente estudio consistió en ejecutar los protocolos de valoración que se describen a continuación en 2 días diferentes. De esta forma, se evitó que hubiera posibles influencias por la fatiga acumulada. El primer día se realizó el test de potencia en prensa de piernas horizontal y en el ejercicio de pectoral “peck-deck”. El segundo día se llevó a cabo el control de velocidad máxima de lanzamiento, y el de máxima altura y altura mantenida de salto. Se informó a los jugadores que siguieran una dieta normalizada y hábitos saludables los días anteriores y durante el proyecto.

Todos los sujetos estaban familiarizados con los protocolos, material y características de las pruebas. De esta manera, se garantizó la correcta ejecución de cada uno de los test. A continuación, se describen los protocolos de actuación de cada prueba:

### Test de potencia muscular

Para su evaluación se realizó un test de cargas progresivas realizando las repeticiones a máxima velocidad posible (Bosco, 1997). Los ejercicios elegidos para su evaluación fueron la prensa de piernas horizontal y el ejercicio de pectoral de “peck-deck”. Previo a la ejecución de las pruebas, los sujetos realizaron un calentamiento general que consistió en ejercicios de movilidad articular y un calentamiento específico de 15 repeticiones del ejercicio a testar. En la evaluación de la prensa de piernas, el sujeto se colocaba inicialmente con las piernas flexionadas a 90°, monitorizado con el goniómetro, hasta completar la máxima extensión. En el ejercicio de “peck-deck”, la posición de partida era con flexión de codos a 90° y a la altura de la articulación escapulohumeral, hasta completar el recorrido. En cada uno de los contenidos se realizó un test de cargas progresivas (4 cargas) a diferentes porcentajes del RM (20 %, 40 %, 60 % y 80 % de RM) para poder obtener la curva de potencia (Tous, 1999). Por cada carga, el sujeto realizaba repeticiones hasta que se producía una disminución de los niveles de potencia en dos repeticiones consecutivas. Al final de cada repetición (fase concéntrica) se realizaba una parada de 3 segundos. De cada uno de los ejercicios se escogió, por cada kilaje, la repetición con la que se obtenían mayores niveles de potencia. Para el análisis estadístico se utilizó el pico de máxima potencia de la curva de potencia – carga externa, de cada ejercicio.

### Valoración de la velocidad de lanzamiento

Para el registro de la velocidad máxima del balón se empleó el radar StalkerPro, una herramienta de valoración objetiva de la velocidad de un proyectil (Ferregut, Alcaraz, Vila, Abraldes, & Rodríguez, 2010). Se determinó la velocidad máxima de lanzamiento utilizando dos técnicas distintas de lanzamientos:

- Lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua (T1): el jugador sujeta el balón por su parte superior, apoyado este en la superficie del agua. A continuación arma el brazo y lanza el móvil hacia la portería.
- Lanzamiento con doble finta (T2): el sujeto inicia el ejercicio con el brazo armado. A continuación realiza dos fintas consecutivas sin parada, y lanza el móvil hacia la portería.

Después de un calentamiento de 10 min de nado, 10 min de desplazamientos específicos, 5 min de pases en movi-

miento y rotación completa y 5 min de lanzamientos a portería se realizaron los test.

Para su evaluación, cada jugador ejecutó cinco lanzamientos seguidos a la máxima velocidad desde la zona de 6 m. Según Arturo Abraldes, Ferregut, Rodríguez, Alcaraz y Vila (2011) comprobaron que el 52,86 % de los lanzamientos ejecutados en un partido eran realizados desde una distancia superior a los 5 m. Los cinco lanzamientos se realizaron en ambas técnicas descritas anteriormente y con el mismo orden presentado. Entre cada tipo de lanzamiento se dejó un periodo de recuperación de 5 min. Los intentos se realizaron con la mano hábil, sin portero y debían de finalizar en gol. En el caso de fallar el lanzamiento, este se volvía a repetir. Las repeticiones se realizaron libremente, sin orden previa. Los resultados se anotaron en una hoja de registro. De los cinco lanzamientos se seleccionó el mejor para el ulterior análisis.

### Valoración del salto vertical y la altura mantenida

En este apartado se plantearon dos objetivos: valorar la máxima altura vertical y la máxima altura a la que el jugador puede mantener su cuerpo fuera del agua durante 5 segundos.

Para su registro se ha utilizado, en ambas pruebas, una cámara de filmación de alta velocidad. Además, se utilizó una tabla de madera, de un metro de longitud, con líneas marcadas cada cinco centímetros. Esta se sujetó en uno de los palos de la portería para utilizarla como referencia de distancias en el tratamiento de datos. Para el análisis de datos se utilizó el programa Kinovea.

Todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado previo a la realización de las pruebas, que consistió en 10 min de nado, 10 min de ejercicios generales y 10 min de movimientos específicos.

### Máxima altura vertical

La finalidad de esta prueba es medir la máxima altura vertical a la que el jugador puede mover su cuerpo fuera del agua. En la fase inicial del test, el sujeto se mantiene flotando con el apófisis del mentón justo por encima de la superficie del agua y sin oscilaciones verticales. A continuación, sin orden previa y libremente, el jugador realiza el salto vertical buscando el máximo alcance con la mano. En todo momento, el jugador debe de mantener la cabeza mirando hacia la mano. Se realizaron tres repeticiones con cada brazo y se estableció un descanso de 3 min entre repeticiones. Para su evaluación

se midió la distancia entre la superficie del agua y la máxima altura del apófisis del mentón. De los 3 intentos con cada brazo, se seleccionó el mejor y se hizo un promedio de estos para el análisis estadístico.

### Máxima altura a la que el jugador se puede mantener durante 5 segundos

La finalidad de esta prueba es medir la máxima altura a la que el jugador puede mantener su cuerpo fuera del agua durante 5 segundos. Inicialmente, el sujeto se mantiene flotando con el apófisis del mentón justo por encima de la superficie del agua y sin oscilaciones verticales. A continuación, sin orden previa y libremente, el jugador eleva su cuerpo fuera del agua intentando mantener la máxima altura durante los 5 segundos. Durante la realización de la evaluación, el sujeto tiene que permanecer con el brazo levantado, simulando así la acción de bloqueo. Asimismo, durante la ejecución, el jugador debe de mantener la posición de la cabeza mirando hacia el frente. En todo momento el cuerpo debe de permanecer en la misma zona, sin movimientos anteroposteriores, y sin sobrepasar la referencia métrica. Para su evaluación se midió la distancia entre la superficie del agua y la altura del apófisis del mentón. La medición empieza en el momento que el jugador obtiene la máxima altura y se registra durante 5 segundos. El resultado se obtiene haciendo un promedio de este intervalo de 5 segundos. De los 3 intentos con cada brazo se seleccionó el mejor y se hizo un promedio de estos para el análisis estadístico.

### Variabes antropométricas

Esta fase consistió en evaluar las características antropométricas de los diferentes jugadores, con el objetivo de caracterizarlos morfológicamente.

Los parámetros que se midieron fueron el peso y talla mediante una báscula (Sartorius EA 150 FEG, Alemania) con una precisión mínima de 100 gr y un tallímetro (Holtain) con una precisión de 1 mm. Calculándose a partir de estos el índice de masa corporal (IMC). También se midió la envergadura mediante el antropómetro (Holtain Harpenden Anthropometer) con una precisión de 1mm y los pliegues cutáneos con el lipómetro (Holtain T/W Skinfold Caliper, Inglaterra) con una precisión de 0,2 mm. Con el propósito de estandarizar y unificar criterios en cuanto a la técnica de medición y consideración de puntos anatómicos se siguieron los criterios de la International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), basándose en la metodología propuesta de Ross y Marfell-Jones (1991).

Las pruebas para la determinación de las características antropométricas fueron realizadas por personal especializado de la unidad de fisiología del CAR de Sant Cugat del Vallès.

### Tratamiento estadístico

Para el tratamiento de datos se utilizó el programa estadístico SPSS. En primer lugar se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables estudiadas (máximas, mínimas, medias y desviación estándar). Posteriormente, para observar la relación entre las variables de interés, se utilizó la estadística inferencial, aplicando el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman. El nivel de significancia establecido fue de  $p \leq 0,05$ .

### Resultados

En la *tabla 1* se muestran las características antropométricas (medias y desviación estándar) de los nueve jugadores.

En la *tabla 2* se observan los resultados de las variables de rendimiento analizadas (máximas y desviación estándar): potencia en prensa de piernas y “peck-deck”, velocidad de lanzamiento con las dos técnicas utilizadas, y altura y altura mantenida de salto.

Variables	Media y DE
Edad (años)	16,8 ± 0,8
Peso (kg)	73,5 ± 7,2
Altura (cm)	184,7 ± 7,9
IMC	21,5 ± 1,3
Envergadura	192,4 ± 7,8
Porcentaje grasa (%)	10,9 ± 2,1
Peso grasa (kg)	8,1 ± 2,1
Porcentaje muscular (%)	48,6 ± 1,6
Peso muscular (Kg)	35,7 ± 3,5
DE: desviación estándar.	

**Tabla 1.** Características antropométricas (medias y DE)

Variables	Media y DE
Potencia prensa de piernas horizontal (W)	626,36 ± 63,9
Potencia “peck-deck” (W)	370,68 ± 63,1
Máx. velocidad de lanzamiento T1 ( $m \cdot s^{-1}$ )	18,98 ± 0,6
Máx. velocidad de lanzamiento T2 ( $m \cdot s^{-1}$ )	18,8 ± 0,8
Máx. altura mantenida de salto (m)	0,25 ± 0,02
Máx. altura de salto (m)	0,73 ± 0,05

**Tabla 2.** Variables de rendimiento (medias y DE)

Variables		Potencia "peck-deck"	Potencia prensa piernas	Máx. vel. lanza. T1	Máx. vel. lanza. T2	Máx. altura mantenida	Máx. altura de salto
Peso	Coef. de cor.	0,867	0,183	0,451	0,538	0,050	0,083
	Sig. (bilateral)	0,002	0,637	0,223	0,135	0,898	0,831
Altura	Coef. decor.	0,467	0,000	0,000	0,437	-0,150	0,483
	Sig. (bilateral)	0,205	1,000	1,000	0,240	0,700	0,187
IMC	Coef. decor.	0,583	0,217	0,528	0,345	-0,033	-0,350
	Sig. (bilateral)	0,099	0,576	0,144	0,364	0,932	0,356
Envergadura	Coef. decor.	0,717	0,200	0,136	0,563	-0,267	0,417
	Sig. (bilateral)	0,030	0,606	0,727	0,114	0,488	0,265
% grasa	Coef. decor.	0,217	0,350	-0,179	0,034	-0,517	-0,233
	Sig. (bilateral)	0,576	0,356	0,645	0,932	0,154	0,546
Peso graso	Coef. decor.	0,533	0,217	0,230	0,462	-0,367	-0,250
	Sig. (bilateral)	0,139	0,576	0,552	0,210	0,332	0,516
% muscular	Coef. decor.	0,109	-0,435	0,248	0,304	0,251	0,268
	Sig. (bilateral)	0,781	0,242	0,520	0,427	0,515	0,486
Peso muscular	Coef. decor.	0,865	0,186	0,554	0,658	0,119	0,136
	Sig. (bilateral)	0,003	0,631	0,122	0,054	0,761	0,728
Sumatorio pliegues	Coef. decor.	0,367	0,133	0,026	0,311	-0,517	-0,300
	Sig. (bilateral)	0,332	0,732	0,948	0,415	0,154	0,433

**Tabla 3.** Matriz de correlaciones de las variables de rendimiento

Después de realizar el análisis del coeficiente de correlación de Spearman entre las variables antropométricas y las variables de rendimiento se obtuvieron los siguientes resultados: se observó una correlación entre el peso, la envergadura y el peso muscular con la potencia generada por las extremidades superiores ( $r = 0,867$   $p < 0,01$ ;  $r = 0,71$   $p < 0,05$ ;  $r = 0,86$   $p < 0,01$ , respectivamente). No se encontraron más correlaciones entre las otras variables antropométricas y las variables de rendimiento (tabla 3).

Por otro lado, también se analizó la relación que existía entre las propias variables de rendimiento. Así, cuando se correlaciona la máxima velocidad de lanzamiento de la técnica 1 y técnica 2 con la máxima potencia en el ejercicio de "peck-deck" se obtiene una relación moderada no significativa ( $r = 0,50$ ,  $p > 0,05$  y  $r = 0,66$   $p > 0,05$ , respectivamente). De la misma forma, la correlación entre la máxima potencia en prensa de piernas y la máxima altura puede considerarse media-baja ( $r = 0,31$   $p > 0,05$ ). Sin embargo, nuestros resultados indican que no existe relación entre las variables máxima potencia en prensa de piernas y altura mantenida de salto ( $r = 0,00$   $p > 0,05$ ). Finalmente, tampoco se correlaciona la máxima potencia en la prensa de piernas y la máxima velocidad de lanzamiento, con ambas técnicas ( $r = 0,09$   $p > 0,05$  y  $r = -0,17$   $p > 0,05$ , respectivamente).

## Discusión

Los resultados del análisis estadístico realizado indican que no se establecieron correlaciones significativas entre las variables de rendimiento analizadas. Así, no se encontró relación entre la potencia mecánica de la extremidad superior en el ejercicio de "peck-deck" y la máxima velocidad de lanzamiento con ambas técnicas. Aunque la correlación entre la máxima velocidad de lanzamiento de la técnica 1 y técnica 2 con la máxima potencia en el ejercicio de "peck-deck" no obtiene significación estadística, consideramos que, dado el reducido tamaño de la muestra se puede observar una tendencia moderada de relación entre las mencionadas variables. Igualmente sucede con las variables máxima potencia en prensa de piernas y la máxima altura. Estos resultados, con la debida prudencia, podrían considerarse en la línea de los hallados por otros investigadores como Krueger et al. (2010) quienes observaron correlaciones en ejercicios de extremidad superior y tronco, con la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo. En este caso, establecieron relación entre el ejercicio de "pull-over" y rotación de tronco al lado izquierdo, con la máxima velocidad de lanzamiento: "pull-over" mano izquierda ( $r = 0,70$ ,  $p < 0,01$ ) y mano derecha ( $r = 0,52$ ,  $p < 0,01$ ); rotación tronco lado izquierdo ( $r = 0,67$ ,  $p = 0,01$ ). Ferregut et al. (2011) encontraron

correlaciones entre la fuerza isométrica máxima de agarre con la velocidad de lanzamiento en presencia de portero ( $r = 0,603$ ;  $p < 0,05$ ). En el lanzamiento de penalti, el balón debe mantenerse bien fijado durante la realización del movimiento además de realizar una flexión de muñeca en su fase final. Por tanto, en este tipo de movimientos, la fuerza en el antebrazo podría ser muy importante y estar relacionada con el lanzamiento (Feregut, Vila et al., 2011).

Las diferencias en cuanto a la significación encontradas en nuestro estudio respecto a la bibliografía científica podrían explicarse por el tamaño de la muestra, el método de evaluación y el tipo de tratamiento estadístico utilizado. En este trabajo, el tamaño de la muestra es pequeño. La metodología utilizada, así como el tipo de ejercicio y grupo muscular evaluados son distintos. Referente al tratamiento estadístico, para determinar la existencia de correlación entre variables, se ha utilizado la técnica no paramétrica de Spearman, no empleada en la mayor parte de estudios, a pesar de contar con muestras reducidas. Por todo ello, a pesar de no encontrar significación estadística, se establece una relación moderada entre las variables mencionadas. Por otro lado, destacar que en nuestro trabajo el control de la potencia se ha realizado de forma directa empleando un codificador lineal conectado a un MuscleLab, en cambio, en los restantes estudios la potencia se ha estimado de forma indirecta a través de la altura de una batería de saltos. El empleo de distinta tecnología puede ser un argumento para explicar la diferencia entre los resultados.

En la presente investigación no se observó una correlación significativa entre el ejercicio de prensa de piernas y la máxima velocidad de lanzamiento en ambas técnicas. En esta línea, Kruguer et al. (2010) encontraron correlación, aunque muy discreta entre abductores y máxima velocidad de lanzamiento ( $r = 0,57$ ,  $p = 0,03$ ). También McCluskey et al. (2010) en un estudio realizado en jugadoras de alto nivel constató una correlación moderada, entre la potencia de las extremidades inferiores generada en el salto vertical fuera del agua, con la velocidad de lanzamiento ( $r = 0,61$ ,  $p < 0,01$ ). No obstante, según estos autores, esta relación no se mantendría en jugadores de menor nivel, debido a que su acción de impulso con las piernas *eggbeater kick* es menos eficiente. La potencia generada por sí sola no es suficiente si no va acompañada de buenos niveles técnicos. En otros ámbitos, fuera del medio acuático cómo es el caso del golf, se ha encontrado que la prensa de piernas correlacionaba con la velocidad de salida de la bola (Torres, Solé, & Vallejo, 2010).

Cuando se relacionó el ejercicio de prensa de piernas con la máxima altura y máxima altura mantenida de salto, no se obtuvieron correlaciones ( $r = 0,32$ ,  $p > 0,05$  y  $r = -0,40$ ,  $p > 0,05$ , respectivamente). Saez Saez (2006) tampoco observó correlaciones entre el test de 1RM en la prensa de piernas y el test de salto vertical (SJ), con el test de “Sargent” adaptado al agua. Platanau (2005) y Platanau y Varamenti (2011) obtienen bajos niveles de correlación entre el salto en seco y el salto vertical en el agua ( $r = 0,25$  y  $r = 0,23$   $p > 0,195$  respectivamente). Como se puede observar en los diferentes estudios, aunque el salto vertical en el agua es explosivo, no parece tener correlación con el ejercicio de potencia en seco. La escasa relación encontrada podría ser explicada por otros aspectos considerados más determinantes, como la complejidad técnica del movimiento, las características del medio y las variables cinemáticas, y no solamente la musculatura implicada o la manifestación de fuerza (Jacobs, Bobbert, & Van Ingen Schenau, 1996; Platanau, 2005; Sanders, 1999).

Este trabajo aporta información novedosa sobre capacidad de mantener, lo más alto posible, el cuerpo fuera del agua durante un determinado tiempo (altura mantenida). No hemos encontrado ninguna referencia bibliográfica que haga referencia a esta capacidad que asociamos con las acciones de carácter defensivo. Por esta razón, no podemos establecer comparaciones de los resultados obtenidos con otras investigaciones. Resaltamos que no se observa una correlación significativa entre la máxima altura de salto y esta variable. Aunque se requieren más estudios en esta línea, nuestros resultados nos sugieren que se precisan metodologías distintas para su entrenamiento y control.

Finalmente, de las distintas variables antropométricas valoradas como el peso corporal, envergadura y el peso muscular correlacionaron con la potencia mecánica realizada en la máquina de “peck-deck”. Por otro lado, no se establecieron correlaciones entre las variables antropométricas y la potencia mecánica en la prensa de piernas, la velocidad de lanzamiento con ambas técnicas y la altura y altura mantenida de salto. En esta línea, Vila et al. (2009) obtuvieron correlaciones entre la velocidad de lanzamiento sin portero con el diámetro del fémur y la longitud acromion radial. Parece ser que un mayor diámetro del fémur podría estar asociado a mayores niveles de fuerza, lo cual ayudaría a estabilizar mejor las extremidades inferiores en el momento de efectuar el lanzamiento (Davis & Blanksbhy, 1977; Elliot & Armour, 1988; Vila et al., 2009). En cambio, en situación de

lanzamiento con portero, se determinaron correlaciones con BMI, con los pliegues axilar, de la cresta iliaca, supraespinal y abdominal, con el diámetro del brazo relajado y contraído flexionado, así como con el diámetro del fémur y biacromial Vila et al. (2009). En su estudio, McCluskey et al. (2009), observaron que los jugadores que lanzaban a velocidades superiores a  $15,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  eran más altos, más pesados, tenían mayor masa muscular y presentaban mayores diámetros en el brazo y en los gemelos, que los jugadores que lanzaban por debajo de esas velocidades. Platanou (2011), constató, igual que la presente investigación, que la velocidad de lanzamiento correlacionaba con la envergadura. Finalmente, Ferregut, Vila et al. (2011) observaron que tanto la anchura biacromial como la anchura biepicondilar del fémur correlacionaban con la velocidad de lanzamiento con portero. Algunos estudios constatan que la longitud de hombros guarda relación con las palancas del movimiento. Por tanto, este movimiento (rotación de tronco y hombros) beneficiaría la velocidad de salida de la bola (Elliot & Armour, 1988; Wende, 2005).

## Conclusiones

El presente estudio no muestra correlaciones entre las variables de rendimiento analizadas. No se observaron correlaciones entre la potencia muscular desarrollada en el “peck-deck” y la máxima velocidad de lanzamiento. Tampoco se han establecido relaciones entre el ejercicio de potencia muscular realizado en la prensa de piernas con la velocidad de lanzamiento (ambas técnicas); y con la altura y altura mantenida de salto.

Se han observado correlaciones entre variables antropométricas y variables de rendimiento. Concretamente, se ha demostrado que el peso, envergadura y el peso muscular influyen en la potencia mecánica realizada en la máquina de “peck-deck”.

Se ha comprobado que los jugadores que aplican más potencia en el ejercicio de prensa de piernas o en el ejercicio de “peck-deck”, no son los que lanzan a más velocidad, saltan más o logran mantener su cuerpo fuera del agua más tiempo.

Según los resultados obtenidos en este estudio, el trabajo de extremidad inferior y superior realizado solo en seco no es suficiente para la mejora del salto vertical en el agua o la velocidad de lanzamiento. Consideramos que el trabajo de fuerza debería de complementarse con trabajos más específicos en el agua, ya sea mediante pequeños lastres o con la utilización de implementos.

Después de esta experiencia remarcamos que la evaluación de la fuerza en el waterpolo debe de realizarse principalmente en su medio específico.

Como novedad, debemos destacar la introducción de un protocolo de valoración de la altura mantenida, con los resultados correspondientes. Consideramos, que es un buen complemento a otros test utilizados en la bibliografía, por presentar un mayor nivel de especificidad en situación de juego.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos la colaboración de la Federación Catalana y la Federación Española de Waterpolo, así como la de los jugadores que han participado voluntariamente en la presente investigación. Agradecemos también la colaboración del departamento de investigación de INEFC-Barcelona y el Departamento de Fisiología del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallès.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Arturo Abraldes, J., Ferregut, C., Rodríguez, N., Alcaraz, P. E., & Vila, H. (2011). Throwing velocity in elite water polo from different areas of the swimming pool. *Portuguese Journal of Sports Sciences, 11* (Suppl. 2), 41-44.
- Ashley, C. D., & Weiss, L. W. (1994). Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 8*(1), 5-11.
- Baker, D. (1995). Selecting the appropriate exercises and load for speed-strength development. *Strength Con. Coach*, 3, 8-16.
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 13*(3), 224-229.
- Bloomfield J., Blanksby B. A., Ackland T., Allison, G. T. (1990). The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*; 22: 63-7.
- Bosco, C. (1997). *La forza muscolare: aspetti fisiologici de applicazioni pratiche*. Roma: Società Stampa Sportiva.
- Canavan, P. K., & Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Medicine and science in sports and exercise, 36*(9), 1589-1593. doi:10.1249/01.MSS.0000139802.96395.AC
- Chelly M. S., Hermassi S., Shephard R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(6):1480-1487. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf

- Davis, T., & Blanksby, B. A. (1977). A cinematographic analysis of the overhand water polo throw. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 17(1), 5-16.
- Dopsaj, M., & Matcovic, I. (1999). The structure of technical and tactical activities of water polo players in the First Yugoslav League during the game. En *Biomechanics and Medicine in Swimming, Proceeding of the VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. University of Jyväskylä.
- Elliott, B. C., & Armour, J. (1988). The penalty throw in water polo: a cinematographic analysis. *Journal of sports sciences*, 6(2), 103-114. doi:10.1080/02640418808729801
- Ferregut, C., Alcaraz, P. E., Vila, H., Abradlides, J. A. & Rodriguez, N. (2010). Evaluation of the validity of radar for measuring throwing velocities in water polo. En *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, 77-78.
- Ferregut, C., Vila, H., Abradlides, J. A., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz P. E. (2011). Relationship among maximal grip, throw velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 26-32.
- Gorostiaga E. M., Granados C., Ibáñez J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225-32. doi:10.1055/s-2004-820974
- Granados C., Izquierdo M., Ibáñez J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867. doi:10.1055/s-2007-964989
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2408-2418. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3):264-71. doi:10.1007/s00421-002-0628-y
- Jacobs, R., Bobbert, M. F., & Van Ingen Schenau, G. J. (1996). Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. *Journal of biomechanics*, 29(4), 513-523. doi:10.1016/0021-9290(95)00067-4
- Joris, H., Van Muyen, A., Van Ingen Schenau, G., & Kemper, H. (1985). Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *Journal of Biomechanics*, 18(6), 409-414. doi:10.1016/0021-9290(85)90275-1
- Krueger, M., Focke, T., Sperlich, B., Zinner, C., & Mester, J. (2010). Correlation between maximal dynamic strength of specific muscle groups and throwing speed in elite water polo players. *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*. Oslo.
- McCluskey L., Lynskey S., Leung C. K., Woodhouse D., Briffa, K., & Hopper, D. (2010). Throwing velocity and jump height in female water polo players: performance predictors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 236-40.
- Platanau, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 45(1), 26-31.
- Platanau, T., & Varamenti E. (2011). Relationship between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 51(2), 185-93.
- Podolsky, A., Kaufman, K. R., Cahalan, T. D., Aleshinsky, S. Y., & Chao, E. Y. (1990). The relationship of strength and jump height in figure skaters. *The American journal of sports medicine*, 18(4), 400-405. doi:10.1177/036354659001800412
- Ross, W. D., & Marfell-Jones, M. (1991). Kinanthropometry. En J. MacDougall, H. Wenger & H. Green, (Eds.), *Physiological testing of the high performance athlete* (pp. 223-308) (2nd ed). Champaign (IL): Human Kinetics.
- Saez Saez E. (2006). Determinación de la potencia en jugadores de waterpolo y su relación con otras variables de rendimiento. *Comunicaciones técnicas* (4), 19-28.
- Sanders, R. (1999). A model of kinematics variables determining height achieved in water polo 'Boosts'. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(3), 270-283.
- Smith, H. K. (1998). Applied physiology of water polo. *Sports Medicine*, 26(5), 317-334.
- Torres, L., Solé, J., & Vallejo, L. (2010). Relación entre la potencia muscular de extremidades inferiores y tronco con la velocidad de salida de la bola en el swing de drive en golf. *Apunts. Educación Física y Deportes* (101), 75-82.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona. Ergo.
- Van den Tillar, R. (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: A brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 388-396.
- Vila, H., Ferregut, C., Argudo, F. M., Arbraldes, J. A., Rodriguez, N., & Alacid, F. (2009). Relación entre parámetros antropométricos y la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo. *Journal Of Human Sport And Exercise*, 4(1), 62-74.
- Wende, K. V. D. (2005). *The effects of game specific task constraints on the outcome of the water polo shot* (Doctoral dissertation, Auckland University of Technology).