



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

Moisès Vila Blanc



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0. Spain License.**



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

Programa de doctorado:

Actividad física, Educación Física y Deporte

**ESTUDIO TRANSVERSAL DE LA VALORACIÓN
DE LA FUERZA ESPECÍFICA EN EL WATERPOLO**

PRESENTADA POR:

MOISÈS VILA BLANCH

DIRIGIDA Y TUTORIZADA POR:

Dr. JOAN SOLÉ FORTÓ

Barcelona: 2016



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

Programa de doctorado:

Actividad física, Educación Física y Deporte

**ESTUDIO TRANSVERSAL DE LA VALORACIÓN
DE LA FUERZA ESPECÍFICA EN EL WATERPOLO**

PRESENTADA POR:

MOISÈS VILA BLANCH

DIRIGIDA Y TUTORIZADA POR:

Dr. JOAN SOLÉ FORTÓ

Barcelona: 2016

**“A mis padres y a mí hermano, por todos los valores que me han
brindado, y por su apoyo durante estos años.**

Sin vosotros, no hubiera sido posible”.

¡Muchas gracias!

Dedicatoria y agradecimientos

La realización de una investigación para obtener el título de doctor es un proceso que requiere esfuerzo, constancia, disciplina y mucho entusiasmo. Todo ello no habría sido posible sin la ayuda desinteresada de muchas personas que han hecho posible su desarrollo. Por ello, quiero agradecerlo con unas palabras a todas ellas:

En primer lugar, tengo que agradecer a mis padres y a mi hermano que me inculcaran sus valores y educación, y que estuvieran a mi lado en todo este proceso y me ofrecieran en todo momento su apoyo incondicional.

A mi director de tesis, el Doctor Joan Solé Fortó, por transmitirme todos sus conocimientos como profesor y mostrarme el apasionante mundo del entrenamiento, por sus clases magistrales y constantes aportaciones metodológicas, por hacer fácil lo difícil y simple lo complejo, y, sobre todo, por su carácter y por ser una gran persona.

Al Doctor Josep Maria Padullés, por su incansable asesoramiento —siempre está a disposición del alumno para ayudarlo desinteresadamente— y por sus aportaciones tecnológicas al servicio del deporte.

A Rafael Aguilar, Antonio Aparicio y Quim Colet, técnicos de la Selección Española de Waterpolo, por ayudarme a conocer el apasionante mundo del waterpolo, por permitirme formar parte de su *staff* y compartir momentos inolvidables, por creer en la investigación y aplicarla al waterpolo.

A los entrenadores Jordi Valls, Ferran Plana y Nelson Raviña, por facilitarme la realización de las valoraciones en sus respectivos equipos y por ayudarme a profundizar y entender más este deporte.

A todos los deportistas que han colaborado de forma voluntaria y han contribuido con su esfuerzo físico a la realización de los diferentes test.

Al departamento de investigación del INEFC Barcelona, por facilitarme la realización de las valoraciones de la presente investigación y por su asesoramiento.

Al departamento de fisiología y de biomecánica del CAR, por ayudarme en las valoraciones.

A todos los bibliotecarios que han estado en el INEFC Barcelona a lo largo de mi vida académica, por estar siempre dispuestos a ayudarme en la búsqueda bibliográfica de forma desinteresada y por conseguir encontrar lo inencontrable.

A todos aquellos profesores que me han ayudado en el continuo e interminable proceso de formación, aportando su conocimiento, haciéndome reflexionar y cuestionándome las cosas.

A Maribel Pérez, por ayudar y facilitar el proceso burocrático.

A Natalia Adell, Albert Busquets y Anabel, por guiarme en todo momento en el complejo proceso de la estadística, por ayudarme a comprenderla y a aplicarla al deporte.

A todos aquellos compañeros y amigos que en un momento u otro me han asesorado en el desarrollo de la tesis.

Índice

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.....	I
ÍNDICE	III
I. ACERCA DEL AUTOR.....	1
II. INTRODUCCIÓN	4
III. PARTE TEÓRICA. ANTECEDENTES Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
1. Orígenes y contextualización del waterpolo	16
2. Análisis cuantitativo de los movimientos en el partido de waterpolo.....	26
2.1 Características temporales.....	26
2.2 Distancias recorridas y velocidades	31
2.3 La frecuencia de las acciones	32
2.4 Características en función de la posición	36
2.5 Análisis cuantitativo en el sexo femenino.....	41
2.6 Características en función del nivel de rendimiento.....	42
2.7 Características en edades de formación	45
3. Valoración y control del entrenamiento.....	49
3.1 Test genéricos y específicos generales.....	51
3.2 Test específicos dirigidos	61
3.2.1 Test de fuerza de empuje	61
3.2.2 Test de fuerza y potencia de nado.....	66
3.2.3 Test de salto y altura mantenida	78
3.2.4 Test de velocidad de lanzamiento	87
3.2.5 Test combinados.....	95
4. Test genéricos y específicos generales vs test específicos dirigidos	99
4.1 Relación entre ejercicios genéricos y específicos generales en seco con los ejercicios específicos dirigidos en seco	99
4.2 Relación entre ejercicios genéricos y específicos generales en seco con los ejercicios específicos dirigidos en el medio acuático	100
4.3 Relación entre ejercicios específicos dirigidos realizados en el medio acuático.	102
4.4 Relación entre variables antropométricas con los ejercicios genéricos y específicos generales en seco, y los específicos dirigidos realizados en el medio acuático.	102
4.5 Entrenamiento de la fuerza en waterpolo	105
5. Efectos de la edad y el género sobre la fuerza.....	110
IV HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	119

V. PARTE EXPERIMENTAL. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN.....	123
ESTUDIO 1: Relación entre los test específicos generales en seco y los test específicos dirigidos en el medio acuático en jugadores de waterpolo	123
1.1 Abstract	123
1.2 Introducción	125
1.3 Objetivos	128
1.4 Material y métodos.....	128
1.5 Resultados.....	138
1.6 Discusión	142
1.7 Conclusiones	146
2. ESTUDIO 2: valorar y comparar la fuerza de empuje, la fuerza de nado, la velocidad de lanzamiento, la altura de salto y altura mantenida entre jugadores y jugadoras de waterpolo de diferentes categorías.	147
2.1 Abstract	147
2.2 Introducción	149
2.3 Objetivos	152
2.4 Material y métodos.....	153
2.5 Resultados.....	170
2.6 Discusión	184
2.7 Conclusiones	204
VI. PROPUESTAS PRÁCTICAS	205
VII. PERSPECTIVAS DE FUTURO	207
VIII. BIBLIOGRAFÍA	209
VII. ANEXOS	234

I. Acerca del autor

El largo viaje hasta el día de hoy empezó bastantes años atrás, mientras finalizaba el último curso de la ESO. En aquel entonces, apareció el primer punto de inflexión, el momento en el que teníamos que empezar a tomar decisiones sobre nuestro futuro y decidir lo que más nos gustaría estudiar. Ello conllevaría, según lo que más nos conviniera y para lo que nos juzgáramos más preparados, escoger entre una de las diferentes ramas del bachillerato. Yo no tuve ninguna duda; sabía muy bien lo que quería estudiar, lo tenía clarísimo: quería ser profesor de educación física, quería estudiar lo que se conocía como INEF. Después de cursar el bachillerato científico, recomendado para introducirme en la física, la química y la biología, entré en la universidad.

A los pocos meses de comenzar, las cosas empezaron a desviarse un poco del camino planteado inicialmente. Descubrí un nuevo mundo en el que yo también podría ejercer como profesional y que empezó a llamarme la atención: se trataba del entrenamiento deportivo. Durante aquellos años en la universidad, muchos de los profesores me hicieron amar esta materia (Joan Solé, Josep Maria Padullés, Gerard Moras, Xavi Iglesias, Michel Marina, Marcel·lí Massafret, Joan Riera, Francisco Seirul-lo, entre muchos otros). Solo puedo decirles a todos ellos: ¡muchas gracias por todo! Me demostraron que los profesionales de la preparación física teníamos mucho que decir. Me mostraron un mundo en el que el deporte y la ciencia, aunque muy lentamente, empezaban a ir de la mano con el fin de profundizar cada vez con más rigor, fiabilidad, relevancia y sistematización en las bases científicas del entrenamiento.

Mi proceso de formación no se detuvo, continuó por la necesidad de responder a muchas de mis preguntas y mejorar la forma de trabajar. Por esta razón, empecé el doctorado, lo me permitiría iniciarme en el mundo de la investigación, me ofrecería las herramientas y conocimientos necesarios para responder, desde mi punto de vista, a aquello que nos mueve a todos, ¡nuestras inquietudes! La investigación es un proceso crucial para seguir avanzando en el saber. Personalmente, creo que es muy gratificante y un orgullo poder contribuir a la generación de conocimiento, aportando, aunque sea un granito de arena en el inmenso mundo de la ciencia.

Después de un periodo de tiempo trabajando en distintos deportes tuve la oportunidad de formar parte del *staff* técnico de la Selección Española de Waterpolo absoluta. Fueron muchas las cosas que me llamaron la atención. En primer lugar, se trataba de un deporte de equipo totalmente nuevo y desconocido para mí. En segundo lugar, era un deporte en el que la preparación física juega un papel muy importante, con un altísimo nivel de exigencia. Finalmente, su cuerpo técnico, dirigido por el entrenador Rafael Aguilar, apostaba por la aplicación de la ciencia y la tecnología al servicio del deporte para poder seguir progresando, cosa que, personalmente, considero fundamental.

Mientras hacía camino en este deporte, observaba cada uno de los detalles que lo caracterizaba y lo analizaba profundamente desde diferentes perspectivas. Aprendí nuevas metodologías de trabajo y formas de valoración que me llamaron mucho la atención. Además, al ser un deporte poco estudiado, la investigación aún tenía mucho que descubrir, explicar y contar, y

sin dudarlo decidí tirarme a la piscina y jugar mi partido. Un día dije: «Rafa, me gustaría realizar un estudio. Lo he estado pensando. Estaría interesado en hacer valoraciones de la fuerza en los jugadores y jugadoras de waterpolo». Allí empezó esta tesis.

Mi proceso formativo, que no dejaba de evolucionar, me permitió descubrir un enfoque distinto de plantear el paradigma del entrenamiento deportivo. El INEFC de Barcelona y el FCB organizaban un máster de alto rendimiento en deportes de equipo desarrollado por un grupo de profesores encabezados por el profesor Francisco Seirul-lo, que se basaba en las teorías cognitivistas y estructuralistas¹. Ahí conocí una visión holística del entrenamiento deportivo en la que he querido contextualizar la presente tesis.

II. Introducción

La concepción de los deportes de equipo ha evolucionado notablemente a lo largo de los últimos años. En sus inicios, se fundamentaba en las teorías de los deportes individuales de forma que sus procesos se basaban en los postulados conductistas y mecanicistas. Se partía de la observación del comportamiento, que se evaluaba y analizaba para extraer conocimiento. Ciencias como la pedagogía y la psicología constituían los pilares de las teorías conductistas, mientras que la biomecánica, la física, la fisiología, etc. se basaban en las teorías mecanicistas, construyendo con sus conocimientos un modelo pluridisciplinar¹. Sin embargo, este enfoque se revela como insuficiente e ineficaz para solucionar las necesidades de estos deportes.

Según la perspectiva de las teorías cognitivas y estructuralista, el deporte debe desarrollarse por medio del proceso integral del deportista. Su enseñanza y su entrenamiento constituyen un proceso único de optimización del jugador. Lo que se pretende es centrarse en el propio individuo, que es el que tiene que sacar partido de sus recursos y optimizar las potencialidades que tiene, es decir, se pretende la automodelación o autoestructuración del deportista.

Este nuevo paradigma del entrenamiento entiende al deportista como una estructura hipercompleja constituida por interacciones y retroacciones entre las estructuras: condicional, coordinativa, cognitiva, socioafectiva, emotivo-volitiva y creativo-expresiva. Cada una de estas subestructuras presenta sus características, que se encuentran interrelacionadas en el transcurso del partido y, por ello, se recomienda entrenarlas de forma integrada². El entrenamiento es priorizado y no jerarquizado. O sea, que en una situación de

entrenamiento tienen que darse los elementos de todas las estructuras implicadas y se enfatiza uno de ellos que permita una atención preferente en determinadas situaciones. Estas serán conocidas como situaciones simuladoras preferenciales (tarea de entrenamiento muy cercana a la realidad específica del juego que busca enfatizar algún aspecto concreto del juego).

La presente tesis se ha centrado en la estructura condicional. Tradicionalmente las capacidades condicionales comprendían la fuerza, resistencia, velocidad y la amplitud de movimiento. En la actualidad es ampliamente aceptado por los expertos que la fuerza es la única cualidad física básica a partir de la cual pueden expresarse las demás³. El movimiento, gracias a la acción muscular, es lo que permite al ser humano poder desenvolverse en el entorno.

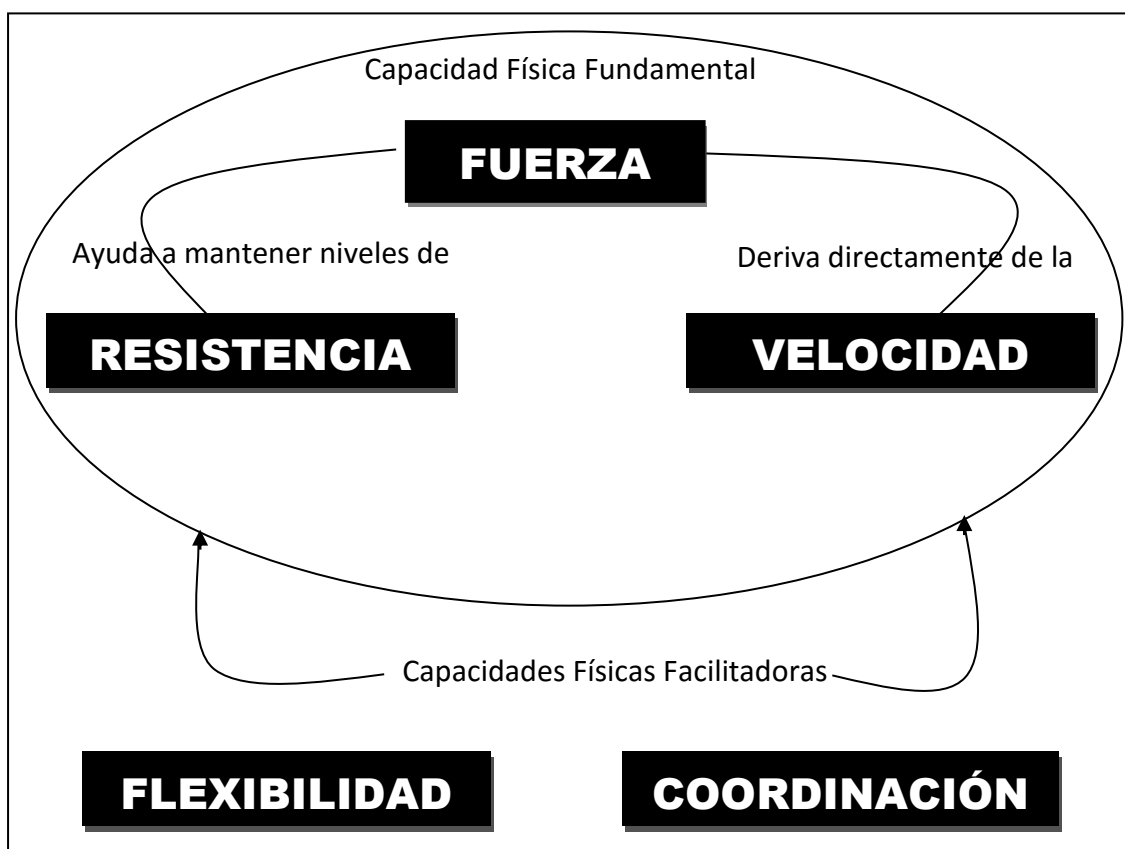


Figura 1. Propuesta de estructuración de las características físicas en torno a la fuerza muscular como capacidad física fundamental.³

Como se muestra en la figura 1, la fuerza es considerada la capacidad física fundamental. El número de newtons aplicados por segundo en una determinada acción expresa la velocidad. Mientras que la capacidad de mantener niveles de fuerza submáximos durante un determinado tiempo es lo que tradicionalmente se conoce como resistencia. La flexibilidad y la coordinación colaboran en el desarrollo de la fuerza y se consideran cualidades físicas facilitadoras. Sin olvidar que, para ello, el cuerpo necesita de un aporte metabólico en forma de ATP (adenosín trifosfato) para poder generar la tensión muscular³.

Dentro de la estructura condicional, la presente investigación se ha centrado principalmente en la fuerza. Esta palabra presenta muchas y variadas definiciones dependiendo de la perspectiva. Zatsiorsky⁴ la define como la capacidad de vencer u oponerse a una resistencia externa mediante tensión muscular. Para Verkhoshansky⁵, es la capacidad de un músculo o grupo de músculos determinados para generar una fuerza muscular bajo condiciones específicas. Según Badillo y Ribas⁶, desde una perspectiva mecánica la fuerza es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. De forma simplificada, para McGinnis⁷, se trata de empujar algo o tirar de algo. De acuerdo con Leal⁸, es definida como todo aquello que produce cambio en una estructura; tiene que entrar en contacto con algo para poder ser cuantificada, es decir, debe tirar de un cuerpo o empujarlo, e intentar provocarle un cambio. Desde la perspectiva de la física clásica (Segunda Ley de Newton), la fuerza es el producto de la masa por la aceleración.

En la realización de cualquier tipo de ejercicio es necesaria la presencia de esta cualidad física. Según Leal⁸, el ejercicio es definido como una fuerza intencionada aplicada a una estructura en un escenario específico con el objetivo de generar una adaptación. Por tanto, sin aplicación de fuerza no hay movimiento o, dicho de otra manera, para que haya ejercicio es necesaria la aplicación de fuerzas.

Dentro del paradigma del entrenamiento estructurado, la fuerza adquiere su enfoque particular. Seirul-lo⁹ diseñó una clasificación funcional de las acciones de fuerza específica para los deportes de situación. Todas ellas se combinan de forma aleatoria en el transcurso del juego. Estas se agrupan en las siguientes categorías: fuerza para la lucha, fuerza para el desplazamiento, fuerza para el golpeo o lanzamiento y fuerza para el salto.

Estas manifestaciones de fuerza son totalmente distintas a las necesidades requeridas en otras especialidades deportivas. Además, las particularidades cognitivo-tácticas y coordinativo-técnicas que las acompañan en cada situación de juego real, las hacen exclusivas para el jugador.

El waterpolo es un deporte altamente exigente en el que, en el transcurso de un partido, se producen muchas y variadas acciones. Existen distintas manifestaciones de fuerza en los diversos escenarios que se hacen patentes en todos los gestos específicos. En concreto, las manifestaciones específicas que necesitan alguna forma de fuerza para su ejecución en este deporte son las siguientes:

Fuerza para la lucha: a nivel defensivo, para dificultar un posible lanzamiento o un pase, o para obtener algún tipo de ventaja; a nivel ofensivo, para poder ganar la posición y/o obtener ventaja respecto al defensor, ya sea para recibir un posible pase y/o lanzar en mejores condiciones.

Fuerza para el desplazamiento: los desplazamientos se realizarán mayoritariamente mediante el nado de crol y muchas veces con la cabeza fuera del agua para poder controlar los componentes del juego. Se manifestarán en las transiciones de un lado a otro del campo, en los cambios de dirección y en las situaciones para marcar y desmarcarse del adversario.

Fuerza para el salto: los saltos pueden ser verticales o laterales, y suelen realizarse con una mano en el aire y la otra apoyada en el agua. Son utilizados para interceptar, cortar o bloquear un lanzamiento o pase en el caso de los jugadores de campo, y en aquellas acciones específicas del portero, ya sea saltando con una mano o con ambas en el aire para evitar el gol. Ofensivamente aparecerán en los saltos asociados a los lanzamientos, potenciando su eficacia o para recibir un pase.

Fuerza para el lanzamiento: aglutina los diferentes tipos de lanzamientos a portería (lanzamiento clásico, de bote, con una o doble finta previa, de revés, de gancho, etc.) y los pases (pase de hombro o sueco, vertical, de revés, de espalda, etc.)¹⁰.

El objetivo del entrenamiento de la fuerza será lograr, en cada una de estas cuatro formas en que se manifiesta, un alto nivel de eficacia muscular

específica para superar las resistencias que, al realizar estas acciones, aparecen durante el partido.

Otro criterio organizador, presentado por Seirul-lo⁹, en la estructura del entrenamiento, es el nivel de especificidad o de semejanza de las tareas en la práctica competitiva. Existen cinco niveles de organización hasta llegar al hecho competitivo: genérica y específica, y esta última se subdivide en generales, dirigidas, especiales y competitivas.

Las tareas genéricas son aquellas que no presentan ningún nivel de especificidad con la competición. Contrariamente, las tareas específicas muestran similitud con la competición. Las generales presentan bajo nivel de especificidad y los elementos coordinativos tienen poca relación con la técnica del juego. Las dirigidas presentan una ligera similitud, en ellas los elementos técnicos son muy específicos del deporte, pero con toma de decisiones inespecíficas. Las tareas similares a la competición y que se ejecutan con variaciones para acentuar algún aspecto de la preparación y toma de decisiones específicas, son las especiales. Finalmente, las tareas competitivas incluirán aquellos ejercicios de juego real con o sin modificaciones del reglamento. Este criterio de estructuración ha sido aplicado y adaptado en otros deportes, como por ejemplo en el baloncesto¹¹.

La organización dentro de cada cualidad física es clara y se fija en la secuencia de genérico a competitivo, pasando por las propuestas intermedias. Las proporciones y cuantificación de estos niveles de especificidad son componentes del programa de entrenamiento. En el caso de la fuerza, las diferentes manifestaciones anteriormente comentadas pueden trabajarse

mediante ejercicios más generales o más específicos, en función del momento de la temporada y de la vida deportiva. Esta jerarquía en los niveles de especificidad también deberá tenerse en cuenta en los protocolos de valoración, realizando test genéricos o test específicos en cada una de las manifestaciones de fuerza, en función de los objetivos.

El desarrollo de la fuerza deberá ser aplicada por medio de una planificación coherente que permita obtener el máximo nivel de rendimiento. Será necesario, pues, aplicar y/o elaborar pruebas de valoración para cada una de las manifestaciones de fuerza con el fin de determinar el perfil de rendimiento de cada jugador en las diferentes acciones, determinar las necesidades individuales y conocer su evolución a lo largo de la temporada y de su vida deportiva.

La presente tesis se centra en el apartado de valoración de la potencia, la altura de salto y altura mantenida y la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo; y la valoración de la fuerza, altura de salto y altura mantenida y la velocidad de lanzamiento en jugadores/as de waterpolo. Estos protocolos siguieron los criterios de especificidad y organización presentados por Seirul-lo. Los test de potencia (en prensa de piernas y *contractor* o *peck-deck*) se realizaron en el gimnasio y se ubican dentro de las tareas específicas generales. Los test de fuerza, de altura de salto, altura mantenida y de la velocidad de lanzamiento, se realizaron en el medio acuático, y se ubican dentro de las tareas de fuerza específica dirigida. En relación a la organización de las manifestaciones de fuerza, los test evaluados en el medio acuático se estructuraron de la siguiente manera: la fuerza de empuje frontal y de espaldas

(fuerza para la lucha), la fuerza de nado (fuerza para el desplazamiento), la altura de salto y altura mantenida (fuerza para el salto) y finalmente, la velocidad de lanzamiento utilizando diferentes técnicas y en diferentes escenarios (fuerza para el lanzamiento).

En la presente investigación se desarrollaron dos estudios. En el primero, se correlacionaron, en un grupo de jugadores, los valores de los test de potencia en la máquina de prensa de piernas y *peck-deck* con los valores de altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento. Además, se correlacionaron los datos antropométricos (peso, altura, IMC, envergadura, % peso graso, peso graso, % muscular, peso muscular) con los resultados de los diferentes test: potencia en la prensa de piernas y *peck-deck*, la velocidad de lanzamiento, altura de salto y la altura mantenida. En el segundo estudio, se valoraron y compararon la fuerza de empuje frontal, de empuje de espaldas y de nado, la altura de salto, la altura mantenida y la velocidad de lanzamiento entre sexos en las distintas categorías, y entre categorías en cada uno de los sexos. Además, se correlacionaron los valores antropométricos (peso, altura, IMC y envergadura) con los resultados de los diferentes test ejecutados.

Con ello se quiere conocer, por un lado, la correlación entre los ejercicios realizados en el gimnasio y las acciones específicas en el medio acuático, aún no investigadas en el waterpolo, además de conocer la correlación de los valores antropométricos con los de las diferentes pruebas realizadas en el gimnasio como en el agua. Por otro lado, se trata de aportar los primeros datos descriptivos y comparativos de los/as mejores jugadores/as de waterpolo español, obtenidos de una amplia y completa batería de test realizados en el

medio acuático. Así, se tendrá un punto de partida desde el cual poder seguir avanzando en distintas propuestas de investigación a realizar el futuro, tal como se presentan al final del trabajo. Además, se pretende complementar los test actuales, añadiendo unas propuestas prácticas consideradas más específicas para el waterpolo.

Se destaca la singularidad de la muestra utilizada en la presente investigación por su alto potencial y difícil obtención. Se trata de los mejores jugadores/as del waterpolo español en las diferentes categorías de edad analizadas, siendo referentes para todos los clubes y entrenadores/as. En la bibliografía especializada, no se ha podido encontrar ningún estudio transversal que se centre en ambos sexos y que valore estas manifestaciones de fuerza (fuerza de empuje frontal, fuerza de empuje de espaldas y fuerza de nado, la altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento en el medio acuático), y haya sido realizado con una muestra de esta alta calidad.

Debemos añadir que se trata de un deporte en que la investigación ha intervenido muy poco y los estudios publicados son escasos. Si introducimos la palabra *waterpolo* en el Pubmed, considerado un buscador de referencia a nivel mundial, solo aparecen 357 publicaciones, muy lejos del *soccer* (con 6.433 publicaciones), el *tennis* (con 6.242 publicaciones) o el *basketball* (con 2.751 publicaciones). Como se puede observar, queda mucho camino que recorrer, mucho por descubrir, entender y aportar en el mundo del waterpolo.

Finalmente, se informa de que el primer estudio de la presente investigación ha sido publicado a la revista *Apunts. Educació Física i Esport*¹². Por lo que se refiere al segundo estudio, una versión reducida se presentó en forma de

póster en el 18 Congreso de European College of Sport Science 2013 (Barcelona) (Moisès Vila Blanch, Joan Solé Fortó y Josep Maria Padullés Riu, 2013).

La estructura de la Tesis Doctoral queda definida por las siguientes partes: una introducción en la que se sitúa y contextualiza la presente tesis, y en la que se describen los diferentes apartados que la componen. Una parte teórica, en la que se expone, mediante una revisión de la literatura científica, el estado de la cuestión en lo que se refiere a los aspectos condicionales del waterpolo, así como a las formas de evaluación y control de las manifestaciones de fuerza. Seguidamente, se formulan las hipótesis y objetivos de los estudios. A continuación, se expone la parte experimental presentada en dos trabajos de investigación. Finalmente, a partir de los resultados del estudio se elaboran propuestas prácticas y se ofrecen algunas ideas para futuras investigaciones.

En la parte teórica se desarrolla la revisión bibliográfica, que consta de cinco capítulos. En el primer capítulo se contextualiza el waterpolo. En el segundo, se realiza un análisis exhaustivo de su *time-motion*. Se describen las acciones que se suceden durante el partido y se estudian sus características: frecuencia, duración y porcentaje de dedicación de las diferentes acciones, los parámetros espaciales y las velocidades de nado, las variaciones del *time-motion* en función del rol en el equipo, del sexo y nivel de rendimiento del deportista. En el tercer capítulo, se realiza una revisión bibliográfica sobre la valoración de la fuerza, el salto y la velocidad de lanzamiento en este deporte. Se distingue entre los test de fuerza o potencia específicos generales realizados en el gimnasio y los test específicos dirigidos realizados en el medio acuático: fuerza

de empuje frontal y de espaldas, fuerza de nado, altura de salto y altura mantenida, y la velocidad de lanzamiento. En el cuarto capítulo, se explican las correlaciones obtenidas entre los valores de los test de fuerza y potencia realizados en el gimnasio y los valores de las pruebas realizadas en el medio acuático, así como los métodos de entrenamiento aplicados para la mejora del rendimiento. Finalmente, el capítulo cinco se ocupa de los efectos de la edad y el género sobre la fuerza, compara los dos géneros y su evolución con la edad, y se complementa con explicaciones fisiológicas.

Seguidamente, se presentan las hipótesis y se describen los objetivos planteados de la presente investigación.

En la parte experimental se desarrolla el trabajo de investigación compuesto por dos estudios. El primero, realizado en un grupo de jugadores, se correlacionan los valores de los test de potencia realizados en la máquina de prensa de piernas y *peck-deck* con los resultados de los test de altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento en el medio acuático. Además, se correlacionan los valores de los diferentes test, tanto los de potencia como los realizados en el medio acuático, con los valores antropométricos. El segundo, se valoran y comparan los resultados de los test de fuerza de empuje frontal, de empuje de espaldas y de nado, la altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento en el medio acuático entre jugadores y jugadoras de distintas categorías y edades. También, se correlacionan los resultados de las diferentes pruebas realizadas en el medio acuático con los valores antropométricos (peso, altura, IMC y envergadura).

En el penúltimo capítulo, se realiza una propuesta de aplicaciones prácticas extraídas de los resultados de esta investigación.

Finalmente, en el capítulo quinto, se proponen algunas ideas para futuras investigaciones en el campo del waterpolo, concretamente en la valoración de la fuerza, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento.

III. Parte teórica. Antecedentes y revisión bibliográfica

1. Orígenes y contextualización del waterpolo

Entre los deportes Olímpicos de piscina el único que tiene características de práctica colectiva de oposición-colaboración, es el waterpolo. Sabemos que el término *polo* es la pronunciación india de la palabra *pulu*, que significa 'pelota'. Esta disciplina tiene una larga historia que se remonta a mediados del siglo XIX como un deporte de equipo más, producto de la Revolución Industrial. Sus orígenes son inciertos, Lewin¹³ asegura que el primer juego de polo acuático de la historia se celebró en Glasgow en 1869, y fue considerado un «juego de fútbol en el agua» que ayudaba a promocionar las competiciones de natación. Para otros autores como Lloret¹⁰, Gardini y Canino¹⁴ Hernández¹⁵, el waterpolo nació en Inglaterra entre los años 1869 y 1870, y fue llamado *aquatic polo*. Este se caracterizaba por el hecho de que los jugadores montaban encima de un barril (que simulaba ser un caballo). Cada uno de ellos estaba provisto de una especie de bastón, que utilizaban como remo, con él movían y dirigían el artefacto y lo utilizaban, además, para golpear el balón con el objetivo de anotar goles.

Unos años después, las normas del juego evolucionaron hasta permitir la participación de los jugadores dentro del agua. Esto obligó a que los jugadores realizaran las acciones dentro del medio acuático, con lo que se adaptaron las técnicas de los nadadores al juego, creándose paralelamente las primeras situaciones tácticas colectivas. El objetivo de esta práctica lúdica era llevar el balón hasta el lado contrario del campo^{10,16}. Era un juego muy parecido al

rugby, pero jugado en ríos y lagos. Se caracterizaba por ser un juego en el que primaban las acciones individuales, se hacían pocos pases y en general constituía una exhibición de fuerza bruta. No existían posiciones definidas, cada jugador consideraba que su deber era marcar goles. Además, los jugadores utilizaban algunos trucos: aprovechando la poca o nula visibilidad debido a que agua estaba turbia, se colocaban el balón dentro del bañador y, sumergiéndose, aparecían tan cerca de la portería como les era posible. Las porterías tampoco eran tal como las conocemos, sino que consistían en dos pequeñas balsas de borde bajo o, en su defecto, de dos barcas, en las que se debía introducir la pelota para anotar^{17,18}.

Es en el año 1869 cuando se hace mención del partido más antiguo de waterpolo, desarrollado en una de las piscinas de Glapsons (Londres) y jugado sin reglamento alguno. Por ello, un año después (1870) expertos en el tema elaboraron las primeras normas oficiales de este juego, llamado *Football in the water* (fútbol acuático) en sus orígenes. También es en este año cuando se reemplaza el balón original, fabricado con un estómago de cerdo, por una pelota de goma india¹⁸.

No es hasta el año 1876 cuando se confeccionaron los reglamentos que dieron vida al juego, de la mano de W. Wilson, presidente de la Swimming Association. Entonces Wilson implementó un juego similar al fútbol pero que se jugaba en el agua, en el que los pases y los goles solo podían ser ejecutados con los pies. El hecho de jugar en los ríos, a veces muy caudalosos, dificultaba el juego con los pies, y por eso las reglas fueron cambiadas para poder jugar con las manos¹⁰.

Fue en Glasgow (1877) donde se desarrolló el primer reglamento oficial. Para ello se celebró un partido en la piscina de Victoria Baths. Dos años más tarde (1879) se introdujeron en el juego las porterías. Los equipos estaban formados por siete jugadores cada uno. Estaba permitido sumergirse, aunque se prohibía que el jugador tomara contacto con el fondo de la piscina.

Hay que mencionar que en sus inicios fue rechazada la oficialización de este deporte por parte de la Asociación Inglesa de Natación, debido a que el reglamento era interpretado de distintas maneras por los clubs participantes¹⁷.

En todo caso, este deporte pronto se hizo popular en toda Gran Bretaña y la London Swimming Association lo reconoció como deporte en el año 1885 y elaboró un reglamento que constaba de once puntos^{17,18}.

1. La duración del partido es de 20 min.
2. Los capitanes son los encargados de acordar o seleccionar las porterías.
3. Al inicio del partido, el árbitro lanza el balón al agua, momento en el que los jugadores se tiran al agua inmediatamente para luchar por él. El portero es el único que no se tira al agua y debe permanecer fuera de ella y defender su portería de la mejor forma posible.
4. Un gol será obtenido cuando la pelota sea depositada con ambas manos en la plataforma flotante o en la barca prevista a tal efecto.
5. Ningún jugador puede interferir las acciones del portero, ya sea dentro o fuera del agua, ni sujetar a sus oponentes de cualquier manera, excepto si el portero o algún jugador contrario están en posesión de la pelota. En el caso de que algún jugador infringiera esta regla, se concederá al equipo contrario un tiro libre desde el lugar donde sucedió la falta.

6. El balón debe pasarse de un jugador a otro, y hay que conducirlo por encima o por debajo de la superficie del agua hacia la portería contraria.
7. Si durante el partido el balón va fuera de banda el árbitro concederá un lanzamiento contra el equipo que lo ha desplazado fuera, pero si va por encima o sobre la barcaza, se indicará un saque de puerta que debe ejecutar el portero desde su plataforma flotante.
8. Los árbitros pitarán inmediatamente después de la obtención de un gol, y el partido cesará en ese momento (para reanudarse una vez se reorganicen los equipos).
9. Los equipos cambiarán de campo después del medio tiempo.
10. Cuando algún competidor que ha sido convocado para formar parte de un partido de waterpolo no se presente, perderá los posibles premios en caso de ganar el partido. Tampoco podrá reintegrarse al mismo una vez se ha iniciado el encuentro.
11. Los árbitros tienen plenos poderes. En caso de duda, el árbitro decide todas aquellas circunstancias no previstas en este reglamento.

Estas fueron prácticamente las reglas utilizadas hasta los inicios del año 1888.

Es en los Juegos Olímpicos de París celebrados en el 1900 cuando este deporte fue incluido en el programa olímpico. En este campeonato los británicos (Osborne Swimming Club) ganaron la final contra los belgas (Brussels Swimming and Water-Polo Club) por una diferencia de siete a dos^{10,19}.

Los Juegos Olímpicos de 1904 se disputaron en Saint Louis y el reglamento utilizado fue el estadounidense. Eso hizo que el equipo alemán, que quería

participar en el evento, cancelara su participación. Solo participaron equipos americanos, y la medalla de oro se la llevó el New York Athletic Club. Hay que destacar que algunos jugadores se pusieron gravemente enfermos después de los partidos debido a la mala calidad del agua²⁰.

En 1908 se constituye la Federación Internacional de Natación Amateur (FINA), máximo organismo aglutinador y organizador de los eventos en los deportes acuáticos (natación, waterpolo, saltos y natación sincronizada).

El hecho de que el reglamento utilizado no fuera el mismo en todos los países abrió un conflicto sobre cuál de ellos, el norteamericano o el angloescocés, debía regir el waterpolo de la época. Finalmente la Federación Internacional de Natación Amateur (FINA) hizo obligatorias las reglas angloescocesas para todos sus miembros, al ser estas menos violentas que las americanas²⁰.

A partir de 1926 y hasta el 1976 el waterpolo internacional fue dominado principalmente por los húngaros. Durante esta época consiguieron ganar seis finales de las nueve a las que llegaron, entre un total de once campeonatos que se disputaron. El equipo magiar trajo modificaciones en los sistemas tácticos, introduciendo la figura del jugador de boya o *avantpiquet* en el centro del ataque. Esta novedad en el sistema de juego, y el que los jugadores debieran permanecer en su posición tras cometer una falta, hacía que el juego fuese más estático de lo que ya era, lo que no favorecía un desarrollo rápido y estratégico del juego¹⁰.

En 1979 el equipo húngaro ganó el primer campeonato mundial que organizó la FINA. A partir de entonces, los cambios en el reglamento y la aparición de

selecciones potentes como Italia, España, Estados Unidos, Rusia o Yugoslavia, consiguieron poner fin al dominio de los húngaros¹⁷.

La FINA fue realizando pequeños cambios en el reglamento, orientados a modificar las características del balón: en 1936 se sustituyó el original por un balón de goma de color rojo; una década más tarde, volvió a cambiarse, esta vez por el actual balón de goma amarillo, con lo que mejoró su visibilidad. En 1956 es cuando se oficializa este balón¹⁹.

Tras los Juegos Olímpicos de Londres de 1948, la FINA decide realizar una serie de modificaciones significativas en el reglamento, que permitieron mejorar el juego y el espectáculo, creando un juego más rápido y vistoso. Con todo ello surgieron las tres revoluciones de la historia del waterpolo^{10,14}.

La primera revolución del waterpolo se produjo en 1949, fue **la revolución física**. Se instauraron cambios en el reglamento de forma que se permitía que los jugadores se movieran cuando el juego estaba detenido. Eso repercutió en el juego convirtiéndolo en más dinámico. En esta primera etapa, los jugadores «nadadores» marcaban la diferencia en las acciones de juego. El rendimiento físico primaba sobre la técnica y la táctica, y los equipos que tenían jugadores con una gran resistencia, fuerza y una excelente técnica eran los que triunfaban.

Hacia el año 1966, después de producirse otra profunda revisión del reglamento, aparece la segunda revolución en el waterpolo, **la revolución técnica**. Se había observado en los años anteriores que los jugadores tenían una escasa habilidad técnica, sus pases carecían de precisión y su manejo del

esférico era pobre. En ese momento los jugadores depuraron sus fundamentos técnicos, la precisión en los pases, la habilidad con el balón, los lanzamientos a portería, el situarse adecuadamente en sus posiciones básicas o en sus desplazamientos ofensivos/defensivos, la mejora en la recepción en las condiciones adecuadas, etc. Los jugadores no solo eran más fuertes y mejores nadadores, sino que además eran más habilidosos con el balón. Esta revolución fue la que introdujo, además, los puntos de penalti, el doble arbitraje, el actual balón de caucho y las porterías flotantes. El físico y la técnica predominan sobre la táctica, que aún era muy rudimentaria.

Diez años más tarde, en 1977, se produce la tercera y última revolución importante en el waterpolo, **la revolución táctica**. Este cambio en el juego fue promovido por la necesidad de cambiar las situaciones de desventaja, generadas por las innumerables faltas que recibían los jugadores considerados técnica y físicamente «buenos», con el consiguiente perjuicio para su equipo.

También se implantó la regla de expulsión del jugador por reiteración de faltas, lo que obligó a buscar nuevas estrategias tácticas. De ahí que aparecieran las defensas zonales, que revolucionaron el juego con una nueva visión del waterpolo. Otro aspecto que también se modificó fue la duración de los periodos a 28 min divididos en cuatro periodos de 7 min (1980).

Es en la década de los ochenta cuando el nivel de los equipos empieza a homogeneizarse y los encuentros se vuelven más competitivos. En esta época el país que destacaba como principal potencia era Yugoslavia, seguida muy de cerca por Italia.

Pero la mejor época del waterpolo español, juntamente con el italiano, no llegó hasta la década de los noventa. Durante este periodo la selección española ganó dos campeonatos del mundo y una medalla de oro en Atlanta (1996)¹⁷.

Actualmente, el waterpolo se practica en una piscina con una superficie limitada (30 m x 20 m), entre dos conjuntos de siete jugadores (seis jugadores de campo y un portero). Las posiciones ofensivas incluyen: un boya (a 2-3 metros de la portería), 2 extremos (encima o cerca de la línea de 2 m en el lateral del campo), 2 laterales (jugadores del perímetro ubicados hacia los 5 m) y un central (normalmente justo detrás de la línea de 5 m y en la parte central del campo). La finalidad principal, naturalmente, es introducir el balón en la portería contraria¹⁰. Las posiciones defensivas a menudo se colocan igual, pero cambiadas hacia la defensa. Un partido oficial consiste en cuatro periodos de 8 min de duración con 2 min de recuperación entre los dos primeros cuartos y los dos últimos; y con 5 min de recuperación entre el segundo y tercer cuarto.

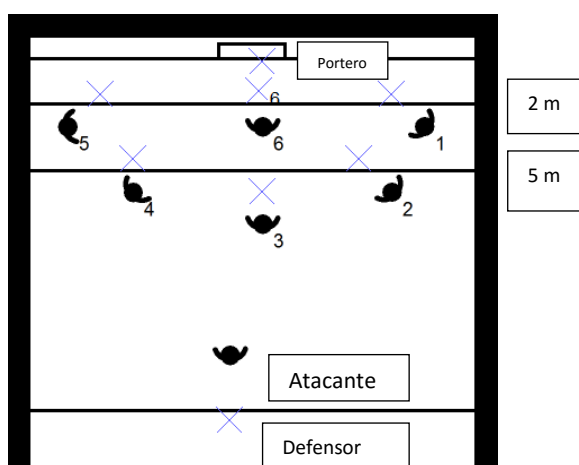


Figura 2. Ubicación de los jugadores en el campo. 1- Extremo derecho, 2 - Lateral derecho, 3 - Central, 4 – Lateral izquierdo, 5 – Extremo izquierdo y 6 – Boya.

Como se ha podido observar en este repaso a su historia, el waterpolo moderno ha evolucionado notablemente desde sus inicios, y tiene poco que ver con lo que fue en sus orígenes ingleses. En estos más de cien años de historia muchos aspectos del juego han cambiado. Ha habido modificaciones en la duración y número de periodos (cuartos), en el número de jugadores, en el tiempo de ataque y de exclusiones, así como en muchos otros aspectos¹⁰. Concretamente, en 2005 se introdujeron cambios en la reglamentación con la intención de conseguir un juego más rápido y atractivo: limitación en 30 s de la posesión del balón para finalizar la acción, realización de 5 lanzamientos desde el punto de penalti en el caso de empate después del periodo de 2 x 3 min de prórroga y el cambio del saque de córner por saque de portería en caso de que un jugador defensivo envíe el balón fuera de forma involuntaria²¹.

A pesar de su historia y evolución, este deporte no se ha estudiado en profundidad y la información que se dispone sobre él es muy limitada. Probablemente, esto se debe a su escasa publicidad y a las dificultades que conlleva la recopilación de datos en el agua²². Además, las variaciones en el tipo de actividad e intensidad dificultan también la valoración e interpretación de las respuestas fisiológicas de los jugadores de waterpolo tanto en durante el partido como en el entrenamiento^{23,24}. Debe tenerse en cuenta, que desde el primer estudio exhaustivo sobre el perfil fisiológico del waterpolo, realizado por Pinnington²⁵ hasta ahora, las normas del juego se han ido modificando repetidamente, lo que posiblemente ha afectado las demandas fisiológicas del juego.

Un primer paso de la presente investigación es conocer y profundizar en los diferentes aspectos del juego, evaluando y cuantificando los patrones de movimiento de la competición y sus requisitos fisiológicos. Esta información proporcionará herramientas muy útiles para el desarrollo de los programas de entrenamientos y su monitorización, lo que contribuirá a la optimización de la preparación física de nuestros deportistas²⁶.

2. Análisis cuantitativo de los movimientos en el partido de waterpolo

El análisis cuantitativo en el contexto deportivo tiene como finalidad contabilizar el número y frecuencia de diferentes elementos intrínsecos de cada disciplina. Para su registro se ha utilizado el *time-motion*, que es considerado un método de análisis fiable para la recogida de información. Ampliamente utilizado en la literatura científica de los deportes de equipo²⁷⁻³², permite determinar cuáles son las demandas de la disciplina, así como identificar las acciones básicas en los deportes de equipo³³. Por ejemplo, la duración y frecuencia del juego, de las pausas, las diferentes técnicas empleadas, el número de cada una de las acciones técnicas y el porcentaje de tiempo dedicado a ellas. También, las distancias recorridas, los tiempos de las acciones, las velocidades y el tipo de intensidad de nado, siempre en función de la posición de juego, son algunas de las variables obtenidas en el análisis del *time-motion*. Con ello, se consigue un mayor conocimiento del perfil energético y fisiológico, lo que facilita poder establecer mejor las capacidades motrices necesarias para su práctica.

2.1. Características temporales

Actualmente, la duración del partido es de cuatro periodos de 8 min de juego efectivo. Durante estos periodos, el cronómetro debe detenerse en todas las paradas del juego que se produzcan y volver a ponerse en marcha cuando la pelota sea puesta en juego. Como consecuencia, la duración real del partido es mucho mayor. En estudios iniciales, realizados previamente a la modificación del reglamento del 2005, se estudiaron, entre otros aspectos, las variables temporales. Se observó que la duración teórica de los cuatro periodos de 7 min

se prolongaban hasta alcanzar tiempos totales de 45 o 48 min³⁴ o de 38 y 41 min^{35,36}, respectivamente. Como se aprecia, los tiempos totales del partido pueden llegar a incrementarse hasta 1,6 veces más de su duración teórica, correspondiendo a unos 11 min más de juego. Concretamente, se contabilizó que, del tiempo total de juego, solo el 66,3 % correspondía al tiempo real de juego, mientras que el 33,7 % restante correspondía a las interrupciones. Estas se debían mayoritariamente a faltas (en un 75,0 % de las ocasiones) con detenciones temporales mínimas, que podían ser inferiores a un segundo. Por otro lado, el penalti, cuando se convierte en gol, es la situación en la que se produce la mayor pérdida de tiempo³⁷.

El conocimiento más exhaustivo sobre la ratio tiempo de trabajo – recuperación (proporción entre la duración de las acciones con movimiento y las de parado) proporcionará una información más específica sobre cómo son y la forma como se alternan estas fases, estando en relación con la exigencia o dureza del juego. De esta manera, se determinan los aspectos cuantitativos y cualitativos en el desarrollo del juego. La ratio entre ambas variables ha sido estudiada por distintos autores y se ha comprobado que esta relación está en función de la posición de juego. Así, algunos resultados presentan ratios desde 1:0,6 hasta 1:2,6, con una media de 1:1,4, dependiendo de la posición³⁸. Analizando con mayor profundidad las características de los tiempos de juego y recuperación, se ha comprobado que los periodos de juego más cortos, inferiores a los 20 s, son los que se dan con mayor frecuencia, superando el 70,0 %^{34,39}. Más concretamente, los intervalos entre 5 y 10 s, que suponen el 23,5 % del juego, son los que se repiten un mayor número de veces.

Con relación a los tiempos de recuperación, se ha podido apreciar que también aparecen agrupados en intervalos de 1 a 20 s, y que los inferiores a 5 s constituyen el porcentaje más elevado (61,0 %)³⁷. En general, los tiempos de pausa son preferentemente cortos y siempre de menor duración que los tiempos de juego.

Son muchas y variadas las acciones que tienen que realizar los jugadores en el transcurso del partido: nadar a altas intensidades, acciones de lucha, conducción del balón, lanzamientos, intercepciones, etc. En consecuencia, será sumamente importante el conocimiento del tiempo que dedican los jugadores a realizar cada una de estas acciones. Al analizar los aspectos temporales de las distintas actividades se comprueba que es un deporte caracterizado por la flotación y desplazamiento en posición vertical, el nado y las acciones de contacto³⁶. Se observa que entre el 45,0 % y el 55,0 % del tiempo total de un partido el jugador permanece en posición horizontal, mientras que el tiempo restante, se mantiene en posición vertical, con o sin contacto con el adversario, ya sea en situación de igualdad, superioridad o inferioridad numérica.

Duración real de partido (min)	45 a 48 (Hohmann; 1992). 38 a 41 (Platanou 2006; Platanou 2004).
Tiempo de juego real (%)	66,3 (Sugrañes; 1995).
Tiempo detención del juego (%)	33,7 (Sugrañes; 1995).
Ratio trabajo – recuperación	1: 2,6 (Smith; 1991). 1: 1,4 (Smith; 1991).
Duración acciones de trabajo (s)	< 20 (Mayoritariamente 5 – 10). (Hohmann; 1992).
Duraciones pausa (s)	< 20 (Mayoritariamente < 5). (Sugrañes; 1995).
Posición horizontal (%)	45,0 a 55,0 (Platanou; 2004).
Posición vertical (%)	45,0 a 55,0 %. El $26,8 \pm 6,0$ es realizado a intensidad moderada y un $7,2 \pm 2,2$ a intensidad alta (Platanou; 2004).
Acciones de contacto (%)	$12,9 \pm 6,0$ (Platanou; 2004).
Acciones de nado (%)	$22,7 \pm 3,1$ (Smith; 1991).
Periodos de pausa (%)	$21,4 \pm 2,1$ (Platanou; 2004).

Tabla 1. Resumen de las características temporales de las diferentes acciones producidas en el waterpolo.

Concretamente, se determinó que el $26,8 \pm 6,0$ % del tiempo total los jugadores realizan desplazamiento con el cuerpo verticalmente o flotando a una intensidad moderada o baja, y un $7,2 \pm 2,2$ % lo hacen de forma energética en las situaciones de superioridad o inferioridad numérica. Las acciones de contacto, producidas por los continuos forcejeos para ganar la posición y/o lanzar con una posición favorable, tenían una duración total de $5,2 \pm 1,5$ min, correspondiendo al $12,9 \pm 6,0$ % del tiempo total. Las acciones de nado, realizadas principalmente durante las transiciones de un lado al otro de la piscina, llegan a comprender un $22,7 \pm 3,1$ % del tiempo total del juego y sobre

un 33,0 % del tiempo real del partido. Del total del tiempo de nado, aproximadamente la mitad es realizado a intensidades próximas a las máximas. Finalmente, la suma de las diferentes acciones ofensivas (conducción del balón, movimientos ofensivos, faltas provocadas y pases) y defensivas (bloqueos, saltos, nado hacia el balón y movimientos defensivos) correspondían al 8,4 % y 4,1 % del tiempo total, respectivamente, y los periodos de pausa, con un alto porcentaje del tiempo total, suponían el $21,4 \pm 2,1$ %²².

Paralelamente, algunos autores se han centrado en analizar las acciones de competición durante los entrenamientos³⁵. Los registros obtenidos durante los partidos de entrenamiento mostraron valores similares a los de la competición. Los jugadores se mantenían un 30,3 % del partido flotando en posición básica (mantenerse flotando en el agua), siendo esta la acción que mayor porcentaje del tiempo ocupaba durante el partido. El nado fue la segunda actividad de mayor duración en un 20,8 % del tiempo total. El 7,8 % del tiempo los jugadores estaban en contacto con su oponente. Finalmente, un 23,1 % del tiempo del partido correspondía a los tiempos de pausa que se producían (lanzamientos libres, goles y balones que se van fuera de los límites).

Las modificaciones en el reglamento posiblemente hayan influido en las características temporales, puesto que se observan periodos de tiempo más prolongados, llegando al 50,0 % del tiempo de juego en las acciones de nado, y a un 21,0 % y 28,3 %, en acciones ofensivas y defensivas respectivamente⁴⁰.

2.2. Distancias recorridas y velocidades

Una de las variables físicas más interesantes a conocer son las distancias recorridas por los jugadores. Se trata de una variable relevante, pero difícil de cuantificar. Por un lado, existen situaciones, como por ejemplo las transiciones, que son fáciles de registrar. Por otro lado, aparecen otro tipo de movimientos más breves, como por ejemplo ganar la posición o defender ante el ataque de un oponente, que son más difíciles de medir. Por eso, estas últimas son clasificadas como otro tipo de acciones y no son incluidas como distancia lineal. No obstante, la distancia lineal total encontrada durante un partido en jugadores de waterpolo va desde 500 hasta 1000 m de media, con picos de 1500 a 1800 m^{41,39,42}. Resultados parecidos fueron obtenidos en los partidos analizados del campeonato Europeo³⁴. En este caso, las distancias registradas fueron de 1776 m, de los cuales el 10,8 % fueron realizados esprintando y con una duración de 10 s. Estudios más actuales, con el nuevo reglamento, registraron distancias significativamente mayores que los estudios mostrados, con medias de 1613 m, lo que vuelve a demostrar cómo las modificaciones en el reglamento afectan a la intensidad del juego y hacen que se recorran mayores distancias, además de incrementar el tiempo de juego⁴⁰. A esto se le añade, que las diferencias en los sistemas de análisis y el nivel de los partidos, también podrían haber causado estas variaciones en las medidas.

Otra de las variables físicas analizadas han sido las velocidades de los desplazamientos. Agrupadas en 4 zonas (V1 < 0,8 m·s⁻¹; V2 entre 0,8 y 1,4 m·s⁻¹; V3 entre 1,4 m·s⁻¹ y 1,8 m·s⁻¹; V4 > 1,8 m·s⁻¹), se pudo observar que la V1 era las velocidades que recorrían más distancia (520 m) y la V3, la que menor (297 m), correspondiente al 32,9 % y el 18,6 % del tiempo total del

partido, respectivamente. Finalmente, se comprobó que en el último periodo se producía una disminución significativa de la cantidad de distancia de nado por minuto en comparación a los otros cuartos⁴⁰.

Autor	Distancias recorridas (m)
Petric, T et al. (1991)	500 a 1000 con picos de 1500 a 1800
Hohmann & Frase (1992)	1776
Rudic, et al. (1999) y Sardella et al. (1990)	790 a 1000
Melchiorri et al. (2010)	1613

Tabla 2. Resumen de las distancias recorridas en el waterpolo.

2.3. La frecuencia de las acciones

El saber con qué frecuencia se producen las diferentes acciones técnicas nos aportará un conocimiento más profundo del deporte y ayudará cualitativamente en la monitorización de los componentes de carga del entrenamiento funcional. En la bibliografía especializada, aparecen algunos estudios que han registrado la frecuencia con la que se producen diferentes acciones del juego. Por ejemplo, se contabilizó que un jugador realizaba de media en un partido de $38,7 \pm 14,5$ pases y $32,1 \pm 9,6$ recepciones³³.

Las modificaciones en el reglamento en el año 2005 también afectaron en la frecuencia de las acciones, con lo que convirtieron el juego en más ofensivo y espectacular. De esta manera, se incrementó el número de lanzamientos a portería (de $22 \pm 3,6$ a 27 ± 4), de goles anotados (de $7,0 \pm 2,9$ a $10,0 \pm 2,7$) y de lanzamientos ejecutados desde el exterior (de $6,7 \pm 2,4$ a $10,4 \pm 2,8$) por cada equipo, con respecto al reglamento anterior. No se determinaron

diferencias significativas en la eficacia de los lanzamientos. Tampoco variaron el número de exclusiones y de penaltis entre el reglamento antiguo y el actual. En las situaciones de superioridad numérica sí que se mostraron diferencias significativas, se pasó de $5,6 \pm 3,0$ lanzamientos a $8,9 \pm 2,7$, y también en el caso de los goles, en los que se pasó de $2,3 \pm 1,2$ a $4,2 \pm 1,5$ ⁴³.

Las técnicas de lanzamiento empleadas y la frecuencia con la que se utiliza cada una también han sido de interés²¹. Las diferentes técnicas descritas fueron: el lanzamiento directo, lanzamiento con una, dos o más fintas y el reverso. Aunque en su estudio distinguió entre los lanzamientos producidos en las diferentes fases del juego y en función del nivel del equipo, se observó que el mayor porcentaje fueron lanzamientos directos, seguidos del lanzamiento con una finta y finalmente el lanzamiento con doble finta. Se determinó, además, que en la fase del juego de contraataque y en caso de superioridad numérica, disminuyó la utilización del lanzamiento directo y se incrementó el lanzamiento con una finta o doble finta. Por otro lado, no se han observado cambios significativos en el porcentaje de eficacia de los lanzamientos, en el número de exclusiones y penaltis señalizados.

Se ha comprobado que la parte del campo donde más lanzamientos se efectúan durante el partido es desde la zona 3 (área comprendida entre los 5 metros y la línea de medio campo) con un porcentaje de medio de 50,9 % en el grupo masculino y 54,7 % en el grupo femenino. Seguidamente, la zona 2 (área comprendida entre los 2 y 5 metros) con una media de 40,4 % y 36,5 %, en el grupo masculino y femenino, respectivamente. En las restantes zonas (1,4 y 5), los porcentajes fueron muy inferiores, con valores del 2 % al 4 % de media en

ambos grupos. También se observó que la zona de penalti fue donde las velocidades de lanzamiento eran más elevadas⁴⁴.

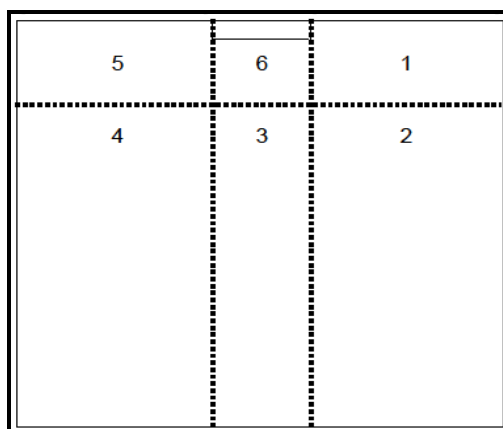


Figura 3. Esquema de la división del campo de waterpolo en 6 zonas.⁴⁵

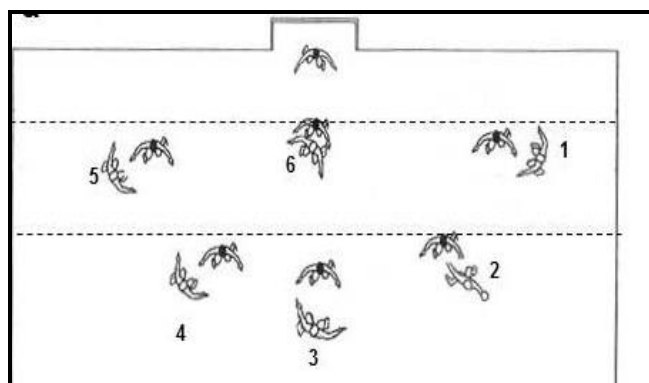


Figura 4. Representación gráfica de la ubicación de los jugadores ofensivos y defensivos en una situación de *Press* en un partido.⁴⁶

Zona de lanzamiento	Grupo masculino (%)	Grupo femenino (%)
3	50,9	54,7
2	40,5	36,5
1, 4 y 5	De 2 a 4	De 2 a 4

Tabla 3. Porcentaje de lanzamientos desde las diferentes zonas de lanzamiento.⁴⁴

En una investigación más exhaustiva se contabilizaron un total de 279 acciones de media (rango de 216 a 350) durante un partido. De este total, 60 fueron realizadas a nivel ofensivo (11 de ataque sin balón, 6 de conducción, 5 de movimientos y 38 de ataque con el balón) y 29 fueron realizadas a nivel

defensivo (12 defendiendo el balón, 5 bloqueos, 7 nadando hacia el balón y 6 de otros movimientos). Las demás acciones correspondieron a nado de crol, contacto con el oponente y desplazamiento vertical o flotación, de las que se contabilizaron un total de 50, 32 y 94 veces, respectivamente. Mientras que 22 acciones se produjeron en los momentos de pausa (lanzamientos libres, goles y cuando el balón sale de los límites)⁴³. En otros estudios, además, se contabilizaron los cambios de la posición del cuerpo (pasar de la horizontal a la vertical y viceversa) durante el partido, en el que se registraron una frecuencia de 4,6 cambios de posición por minuto, lo que equivalía a 120 cambios durante el partido⁴⁰.

Acciones	Frecuencia (Número)	Duración media (s)	Duración total (min)	Porcentaje del tiempo (%)
Nado crol	50 ± 6,0	11,4 ± 1,2	9,2 ± 1,1	22,7 ± 3,1
Contacto con el oponente	32 ± 9,0	9,8 ± 3,4	5,2 ± 1,5	12,9 ± 6,0
Pedaleo en el agua	82 ± 16,0	8,1 ± 1,0	11,0 ± 1,4	26,8 ± 6,0
Pedaleo intenso en el agua	14 ± 5,0	13,0 ± 3,2	3,0 ± 0,5	7,2 ± 2,2
OFENSIVO ACTIVO				
Atacar sin balón	11 ± 7,0	4,4 ± 1,5	0,5 ± 0,3	2,1 ± 1,5
Conducción	6 ± 6,0	3,5 ± 1,8	0,2 ± 0,3	1,0 ± 1,2
Desplazamientos	5 ± 4,0	4,9 ± 2,7	0,2 ± 0,1	1,1 ± 0,9
Atacar con el balón	38 ± 18,0	2,6 ± 0,7	1,4 ± 1,0	4,2 ± 2,5
DEFENSIVO ACTIVO				
Defensa al balón	12 ± 10,0	3,0 ± 0,9	0,3 ± 0,2	1,4 ± 1,1
Bloquear	5 ± 6,0	1,8 ± 1,3	0,1 ± 0,1	0,5 ± 0,5
Nadar hacia el balón	7 ± 5,0	3,4 ± 0,9	0,2 ± 0,1	0,9 ± 0,6
Movimientos	6 ± 5,0	5,5 ± 2,8	0,3 ± 0,2	1,3 ± 0,7
Fuera del juego	22 ± 3,0	5,5 ± 2,8	8,5 ± 0,5	21,4 ± 2,1
TOTAL	279 ± 35,0		41,38 ± 1,28	

Tabla 4. Media ± SD de la frecuencia, media y duración total y porcentaje de actividades durante 8 partidos de waterpolo (4 x 7 min) en 10th FINA World Cup.³⁶

2.4. Características en función de la posición

El waterpolo es un deporte que requiere diferentes habilidades técnicas y capacidades físicas que varían en función de la posición de juego²⁹. Son varios los autores se han interesado en estudiar las exigencias físicas y fisiológicas en función del rol que desarrolla el jugador en el equipo^{29,35,36,39,40,47}. Este tipo de análisis puede ser de gran utilidad para los entrenadores a la hora de designar e implementar programas de entrenamientos específicos teniendo en cuenta la posición de juego. Algunos de los autores que han tratado este aspecto estudiaron si existían diferencias entre posiciones, en la intensidad de trabajo durante partidos no oficiales, agrupando las posiciones en: extremo izquierdo (P5), boya y defensor de boya³⁵. Por un lado, los resultados indicaron que no existían diferencias significativas entre ninguna de las posiciones con relación al porcentaje del tiempo nadando crol por partido (21,7 %, 19,7 % y 20,1 %, respectivamente). Sin embargo, sí que se establecieron diferencias significativas entre todas las posiciones en las acciones de contacto, siendo los jugadores boya los que más tiempo permanecían durante el partido en estas acciones (12,7 %), los defensores de boya en segundo lugar en (8,9 %) y los jugadores en P5 los últimos en un (0,8 %). Se observó que en las acciones defensivas (bloqueo, saltos y faltas) y los desplazamientos con el cuerpo verticalmente o flotando, los jugadores en P5 fueron los que permanecían más tiempo por partido (5,3 % y 37,4 %), siendo significativamente mayor que los defensores de boya (3,1 % y 28,8 %, respectivamente), pero no que los boyas (3,7 % y 25,4 %). En cambio, en las acciones ofensivas (lanzamientos, fintas, conducción, pases) los defensores de boyas eran los que permanecían más

tiempo en esta actividad (un 4,8 % del tiempo total); no se mostraban diferencias significativas con los P5 (4,0 %), pero sí con los boyas (1,3 %).

Posición de juego	Nado crol (%)	Contacto (%)	Acciones defensivas (%)	Desplazamiento vertical (%)	Acciones ofensivas (%)
Extremo izquierdo	21,7	0,8	5,3	37,4	4
Boya	19,7	12,7	3,1	28,8	4,8
Defensa Boya	20,1	8,9	3,7	25,1	1,3

Tabla 5. Porcentaje de tiempo en diferentes acciones en función de la posición de juego durante competiciones no oficiales.³⁵

Los valores obtenidos en competiciones oficiales van a proporcionarnos un análisis más real y cualitativo de las diferentes situaciones y acciones de juego. En esta línea, se analizaron los partidos del campeonato mundial de Atenas del año 1997 con el objetivo de clasificar y cuantificar las diferentes acciones en función de la posición³⁶. Se agruparon las posiciones en tres categorías: boyas, defensas boya y atacantes. El estudio determinó que los boyas eran los que realizaban menos veces y durante menos tiempo las acciones de desplazamiento vertical o flotación (8,4 min) en comparación a los atacantes (13,1 min) y a los defensores de boya (11,3 min). No obstante, en las acciones de nado, los boyas eran los que las realizaban más veces y durante más tiempo (10,3 min) en comparación a los defensores de boya (8,4 min) y los atacantes (8,5 min). Finalmente, los atacantes pasaron menos tiempo en

contacto con el adversario (2,5 min) en comparación con los boyas (7,2 min) y los defensores de boya (5,5 min).

Acciones	Posiciones en el campo		
	Boyas (min)	Defensores de boya (min)	Atacantes (min)
Desplazamiento vertical o flotación	8,4	11,3	13,1
Nado	10,3	8,4	8,5
Contacto	7,2	5,5	2,5

Tabla 6. Tiempo en las diferentes acciones en función de la posición de juego durante competiciones oficiales.³⁶

Estudios más actuales en partidos de alto nivel han demostrado que las demandas del juego eran mayores en los boyas y defensores de boya que en los otros jugadores⁴⁰. Los defensores de boya nadaron más distancia que los jugadores del perímetro y que los boyas (8,4 % y 37,9 % respectivamente). Y en velocidades superiores a $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, los defensores de boya nadaron un 12,3 % y 36,0 % más que los jugadores de campo (jugadores del perímetro) y boyas, respectivamente. Estas diferencias podrían atribuirse a que los defensores de boya permanecían más tiempo en el campo que los jugadores de campo y boyas.

Con relación a las distancias recorridas por los jugadores durante el partido, se ha comprobado que dependen de la posición de juego^{39,47}. Lilley⁴⁷ observó que en función de la ubicación del jugador en el campo las distancias variaban entre los 600 y los 1200 m por partido. En la misma línea y con más

concreción, Melchiorri⁴⁰ también observó estas diferencias entre posiciones, en las cuales los defensores de boya fueron los que más distancia recorrían por partido (1816 m), siendo significativamente mayores que los jugadores de campo (1676 m) y los boyas (1317 m). En partidos de entrenamiento, también establecieron estas diferencias, pero en otro orden. En este caso, los jugadores exteriores completaron más distancia (1050 m) que los jugadores interiores (790 m). Probablemente, las variaciones en las distancias recorridas en comparación al estudio anterior son consecuencia de la modificación del reglamento³⁹.

Posición de juego	Distancias recorridas (m)
Boyas	1317
Defensores de boya	1816
Jugadores de campo (exteriores)	1676

Tabla 7. Distancias recorridas en función de la posición de juego.⁴⁸

Otra de las posiciones más importantes en un equipo, y en la que no se encuentran demasiados estudios en la literatura científica, es la que desarrolla el portero. Se caracteriza por realizar acciones de corta duración, inferiores a los 15 s, a media y alta intensidad. Las acciones más intensas, realizadas mediante salto y elevaciones de las manos, son menos frecuentes, con duraciones inferiores a los 2 s y seguidas por acciones menos intensas, como la preparación para el salto. Esas acciones son continuas, llegando a prolongarse hacia los 30 s, con periodos de recuperación de 45 s, durante los cuales el juego se está desarrollando en el campo contrario^{22,29}.

Acciones	Ratio Intensidad	Frecuencia (acontecimientos por partido)	Duración media (min)	Duración total (min)	Porcentaje del tiempo en el agua (%)	Porcentaje del total del tiempo del partido (%)
4 x 7 min						
Salto	5 (alta)	21	< 1	0,2	<1	<1
Elevaciones de brazos	5 (alta)	21	1	0,4	<1	<1
Preparación de braceo	4 – 5 (medio – alta)	55	14	12,6	27	23
Robos/faltas	4 (media)	4	2	0,1	<1	<1
Nado - pasar por	4 (media)	22	7	2,7	6	5
Braceo suave	2 (descanso)	40	47	31,4	66	57
Entre cuartos	1 (descanso)	3	154	7,7		14
4 X 9 min						
Salto	5 (alta)	35	<1	0,4	<1	<1
Elevaciones de brazos	5 (alta)	11	1,5	0,3	<1	<1
Preparación de braceo	4 – 5 (medio – alta)	55	14	12,2	24	19
Robar / faltas	4 (medio)	7	3	0,4	<1	<1
Nadar – pasar por	3 (medio)	24	6	2,3	5	4
Braceo suave	2 (descanso)	46	47	36,3	70	63
Entre cuartos	1 (descanso)	3	154	7,4	<1	12

Tabla 8. Resumen de las actividades del portero en un partido de waterpolo con una duración de 4 x 7 minutos (parte superior) y una de 4 x 9 minutos (parte inferior).^{29,49}

Resulta interesante observar si existen diferencias a nivel del análisis del *time-motion*, no solamente entre los jugadores de campo, sino entre estos y el portero. En este aspecto, se observó que la duración total de trabajo de los jugadores de campo era casi más del doble que el de los porteros, y que el

tiempo de recuperación era casi de la mitad. Las ratios trabajo-recuperación durante los cuartos, fueron de 5:2 y 2:5 para los jugadores de campo y los porteros, respectivamente³⁸.

2.5. Análisis cuantitativo en el sexo femenino

A pesar de ser uno de los deportes más antiguos en los juegos olímpicos, el waterpolo femenino no fue incluido en el calendario olímpico hasta Sídney 2000. Por este motivo, existen escasos estudios que hayan tratado el análisis del *time-motion*. Entre ellos, destacamos los resultados obtenidos campeonato mundial (Perth 2002)⁵⁰. En este estudio, las variables de análisis fueron agrupadas en cinco categorías: lucha, nado con variación de movimientos, desplazamiento y mantenimiento del cuerpo en posición vertical, y periodo sin actividad (*time out*). Los resultados presentados en porcentajes de tiempo por cuarto, indicaron que un 64,0 % del tiempo nadan, 13,1 % nadan con movimientos variados, 14,1 % están en contacto con el oponente realizando acciones de lucha y un 8,9 % mantienen el cuerpo en posición vertical realizando el pedaleo y/o el braceo. Se contabilizó una media de 21 acciones realizadas por cuarto, con una duración de 7,4 s cada una. Los periodos de recuperación, registrados por cuarto, oscilaron entre los 3,30 min y los 4 min, con una duración media de 10 a 12 s variando en función de la posición. De la relación directa de estos parámetros, obtuvieron una ratio trabajo-recuperación de 1:1,6.

Otro de los análisis consistió en confrontar la duración y el porcentaje del tiempo que dedicaban a las diferentes acciones, entre las jugadoras exteriores y las interiores. Al comparar los resultados, se constató que las jugadoras de la

periferia dedicaban significativamente más porcentaje del tiempo a nadar que las interiores (67,5 % y 60,2 % por cuarto, respectivamente), pero contrariamente las interiores realizaban significativamente más porcentaje de acciones de lucha que las exteriores (18,4 % y 9,9 % por cuarto). Además, se determinó que las boyas y defensoras de boya realizaban más acciones con duraciones menores a los 2 s que las exteriores (23,3 % y 19,5 %, respectivamente). Mientras que en aquellas acciones más largas (15 a 20 s) las jugadoras del arco predominaban significativamente con respecto a las boyas y las defensoras de boya (7,4 % y 5,3 %, respectivamente). Para terminar, también se establecieron diferencias significativas entre ambas posiciones en la ratio tiempo de trabajo-recuperación, siendo de 1:1,8 en jugadoras exteriores y de 1:1,5 en jugadoras interiores.

2.6. Características en función del nivel de rendimiento

Para los entrenadores será fundamental tener el conocimiento de aquellos aspectos que diferencian los equipos de mayor nivel con respecto a los de nivel inferior. Han sido varios los autores en la literatura especializada que han estudiado estas diferencias sobre los aspectos condicionales⁵¹⁻⁵³, pero que evalúen específicamente aspectos concretos del *time-motion*, solo hemos encontrado el trabajo de Lupo²¹. En este se muestra que el nivel de rendimiento tiene una influencia en las diferentes situaciones de juego: igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica. Se observó que en los equipos de menor rendimiento se producían mayor número de contraataques, lo que indicaba su menor capacidad para evitar transiciones. Por otro lado, los equipos de mayor rendimiento provocaban más situaciones de superioridad numérica, debido a que estos tienen tendencia a conseguir mayores

exclusiones durante las situaciones de igualdad numérica. En situaciones de igualdad numérica, los equipos de menor nivel realizan mayores lanzamientos desde la zona 2 (zona de penalti delante de la portería), con fintas para engañar al portero y un porcentaje alto de goles anotados, lo que indica que tienen un nivel defensivo bajo. Contrariamente, los equipos de mayor nivel, aplican estrategias de ataque más elaboradas, que requieren de mayor duración, un mayor número de pases y lanzamientos realizados desde la zona exterior (zona 4 y zona 6, respectivamente). En las situaciones de superioridad, se pudo observar que ambos finalizan la jugada hacia los 13 s (de un total de 20 s), pero la diferencia estriba en que los equipos de menor nivel involucran a menor número de jugadores y realizan menos pases que los equipos de mayor nivel. Esto se debe a que los equipos de menor rendimiento no son capaces de mover la bola rápidamente.

Por tanto, se concluye que existen diferencias entre equipos de distinto nivel en algunos indicadores técnicos y tácticos, como los siguientes: el número de contraataques y las acciones de superioridad, la duración de igualdad numérica, el número de jugadores involucrados en las situaciones de superioridad, la frecuencia de pases durante las situaciones de igualdad y superioridad numérica, la frecuencia de lanzamientos durante el contraataque y en la superioridad, la frecuencia de goles en igualdad numérica, la frecuencia de lanzamientos procedentes de diferentes zonas y el tipo de lanzamientos realizado.

También se han estudiado los partidos para estimar que parámetros o factores del juego contribuyen o diferencian entre los equipos ganadores con los

perdedores⁵⁴. Según estos autores, el coeficiente de las posibilidades de lanzamiento, concreción, definición, resolución, precisión y exactitud en el contraataque, y ajustes defensivos diferían entre los equipos ganadores y perdedores. Así, Lupo⁵⁵ encontraron, en las situaciones de igualdad numérica, que las acciones de los ganadores eran más rápidas e iban más directas a anotar el gol o provocar una exclusión. Además, los equipos ganadores realizaban más lanzamientos desde dentro de la zona de 5 m. En las situaciones de contraataque, su defensa era más agresiva y seguida de movimientos para intentar lanzar sin oposición. Finalmente, en este mismo estudio, en la fase de superioridad numérica, determinaron que el número de pases rápidos era una de las variables en que se diferenciaban los equipos ganadores de los perdedores.

Finalmente, también se ha comprobado que el nivel de rendimiento se modifica en función de la fase de la competición. A medida que esta avanza, el número de variables diferenciadoras entre ambos niveles declina, pasando de 13 variables distintas en la fase preliminar a una acción (*sprints* ganados) en la fase clasificatoria y otra en semifinales, bronce y medalla de oro (paradas del portero en igualdad numérica). En las fases iniciales, los equipos vencedores muestran valores superiores en los aspectos del juego ofensivo (goles en superioridad y contraataque, goles desde los 5 m y de los centrales, y asistencias) y valores inferiores en faltas recibidas. Además, los equipos ganadores, mostraron valores más elevados en acciones defensivas (robos, lanzamientos bloqueados, paradas del portero, paradas en situación de inferioridad y lanzamientos desde los 5 m). Los *sprints* ganados y *time-out* son considerados como acciones mixtas⁵⁶.

2.7. Características en edades de formación

Las investigaciones realizadas en waterpolo se han centrado principalmente en el estudio de los perfiles fisiológicos, características físicas y los aspectos técnico-tácticos en jugadores/as de alto nivel^{29,35,36,57}, mientras que los estudios en edades de formación han mostrado menor interés en la comunidad científica. Esta escasa información ha estado limitado al estudio de los perfiles antropométricos y en la evaluación de las capacidades técnicas y de nado^{58,59}. Debido a las características físicas de los niños/as, se han adaptado algunos parámetros del juego para facilitarles el desarrollo de las habilidades técnico-tácticas, reduciendo la cantidad de jugadores por equipo y las dimensiones del campo y utilizando un balón más pequeño y ligero. Del análisis de los partidos se contabilizó que el movimiento de nado horizontal sin balón era el que se producía con mayor frecuencia, en un 48,0 %. Se contabilizaron un total de 43 acciones ofensivas durante el partido, de los cuales un 47,0 % fueron en igualdad numérica, 41,0 % en contraataque y un 12,0 % en acciones de superioridad. Se observó que en las fases de igualdad numérica y de contraataque tenían una duración superior a los 10 s. Con relación al tipo de acciones, un alto porcentaje de los lanzamientos son realizados desde la zona de penalti (70,0 %, 88,0 % y 67,0 %, en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente). También se observó que un alto porcentaje de las acciones ofensivas se realizaban con 2 o menos pases (53,0 %, 49,0 % y 80,0 % en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente). Mientras que las jugadas en las que se finalizaban entre 3 y 5 pases son menores (39,0 %, 41,0 % y 20,0 % en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente).

Está estrechamente relacionado con el número de pases que se producen en las diferentes fases del juego el número de jugadores involucrados en cada jugada. Las jugadas en las que participaron 2 o menos jugadores correspondieron a un 41,0 %, 38,0 % y 52,0 %, en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente. Mientras que los porcentajes de las jugadas en que participaron entre 3 y 4 jugadores fueron menores, siendo de 45,0 %, 46,0 % y 48,0 % en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente.

Por lo que respecta a la técnica de lanzamiento, los jugadores utilizaron en mayor porcentaje el lanzamiento directo en 58,0 %, 72,0 % y 46,0 % en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente, y en menores porcentajes el lanzamiento con finta 10,0 %, 9,0 % y 44,0 % en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente. Finalmente, la eficacia de los lanzamientos (ratio nº de goles / nº de lanzamientos) fue de 34,0 %, 51,0 % y 48,0 % en igualdad numérica, contraataque y superioridad numérica, respectivamente⁶⁰.

En resumen, en el ámbito del waterpolo, los escasos estudios publicados se limitan a análisis de campeonatos internacionales, locales y partidos amistosos utilizando en alguno de ellos reglamentos más antiguos. Las orientaciones de estas investigaciones se han centrado en determinar las características temporales, espaciales y cinemáticas^{22,61}, estudiar la influencia de la duración y la posición de juego sobre la intensidad durante un partido³⁵, determinar parámetros físicos, como las distancias y velocidades en función de la posición y en los diferentes cuartos⁴⁰, conocer la duración y el porcentaje del tiempo por

actividad en el sexo femenino^{26,50}, comparar los parámetros técnico-tácticos entre partidos con equipos de distinto nivel, así como describir el *time-motion* en jugadores jóvenes⁶⁰. Esta carencia de informaciones objetivas hace que los programas de entrenamiento se basen fundamentalmente en interpretaciones subjetivas de las situaciones, con lo que puede que no se optimicen adecuadamente las cualidades fisiológicas del deporte que se quiere desarrollar³⁸. Además, desde sus inicios hasta la actualidad se han producido importantes modificaciones en el reglamento que han comportado cambios significativos en las demandas del juego²². Por tanto, también se habrán visto modificadas, posiblemente, las variables del *time-motion*.

Los deportes colectivos, como se ha comprobado en este capítulo aplicado en el ámbito del waterpolo, se caracterizan por presentar un elevado número de acciones técnico-tácticas a lo largo del partido. Se producen diferentes y variadas acciones con distintas duraciones e intensidades, entre las cuales las más determinantes son las que requieren de altos niveles de fuerza y potencia en el mínimo tiempo posible, con lo que este es uno de los aspectos determinantes del rendimiento en estas disciplinas³⁸.

El tipo, frecuencia y dinámica espacio-temporal de las acciones técnico-tácticas se verán condicionados también por el modelo de juego empleado por el entrenador. El ritmo de juego (n° acciones / tiempo [en segundos]) marcará el grado de intensidad a que se ejecuta el modelo de juego: será más intenso cuando se incremente el número de acciones por una misma unidad de tiempo o se produzcan el mismo número de acciones en menor tiempo, y viceversa⁶².

La fuerza muscular, ampliamente aceptada como única cualidad física en la estructura condicional, junto con las otras estructuras de la metodología estructuralista, será la que facilitará que los jugadores puedan ejecutar su sistema de juego con eficacia en el transcurso del juego. Además, será necesario que los jugadores/as sean capaces de mantener unos niveles medios de fuerza durante el transcurso del partido para conservar la calidad y eficacia de las acciones y evitar que estas disminuyan lo menos posible debido a la aparición de fatiga.

En los deportes colectivos, y concretamente en el waterpolo como disciplina estudiada en la presente tesis, será requisito indispensable disponer de herramientas para evaluar y controlar las distintas acciones de fuerza producidas durante el juego.

3. Valoración y control del entrenamiento

La planificación en el contexto deportivo consiste en realizar una previsión de actuaciones del proceso de entrenamiento. Para ello es necesario diagnosticar el perfil de rendimiento, fijar objetivos, periodizar, programar, diseñar, realizar y controlar el entrenamiento². La fase de la evaluación y control es una de las más importantes de todo el proceso: tiene como principal finalidad determinar el nivel de rendimiento del deportista y evaluar sus reservas adaptativas. Los test van a proporcionar una información constante acerca de lo que se está evaluando, de manera que van a permitir individualizar los programas de entrenamiento con lo que se podrán aplicar las cargas adecuadas y, en caso necesario, van a servir para justificar las posibles modificaciones del entrenamiento⁶. Más concretamente, los test ayudarán a estudiar los efectos de los programas de entrenamiento y a monitorizarlos, a motivar a los atletas a entrenar más, a proporcionarles *feedback* con respecto a los objetivos planteados, a hacerles más conscientes de estos, a evaluar si el deportista está preparado para la competición, a determinar las debilidades y fortalezas de cada individuo y a conocer el nivel de rendimiento de un atleta en el periodo de rehabilitación.

Además, esta fase facilitará la planificación a corto y largo plazo de los programas de entrenamiento, y servirá para educar a los entrenadores y deportistas en una mejor comprensión de las demandas del deporte y de las características requeridas para el éxito. Contribuirá a ejecutar una planificación sistemática de programas para el desarrollo del deportista y a predecir el

potencial de rendimiento futuro de deportistas individuales en un deporte en particular^{63,64}.

Dentro de la estructura condicional las manifestaciones de fuerza se evalúan con unos test más o menos específicos en función de los objetivos. Actualmente, se está incrementando la realización de test más específicos porque se consideran más representativos por lo que se refiere a las actividades de los jugadores, produciendo resultados más comprensivos y mejorando la cualidad del entrenamiento⁶⁵. Además, simulan las características de los movimientos principales de las situaciones reales del deporte y se consideran más apropiados que los test genéricos y específicos generales para evaluar las necesidades requeridas durante la competición⁶⁶, las variables apropiadas por la selección y orientación específica del deporte⁶⁷, y las cualidades físicas que son útiles para discriminar entre las diferentes posiciones en los deportes de equipo^{48,68}. Contrariamente, los genéricos y específico generales se alejan demasiado de la especificidad del deporte y tienen aplicaciones limitadas en los jugadores/as de deportes acuáticos⁶⁸.

La presente tesis se centra en la estructura condicional: valoración de la potencia, la fuerza, altura de salto, altura mantenida y velocidad de lanzamiento. Por eso, en una primera fase se ha realizado una revisión de los diferentes protocolos de valoración publicados en la bibliografía especializada con el objetivo de realizar un marco teórico del estado de la cuestión. En la primera parte, se describen los test de fuerza genéricos y específicos generales, es decir, aquellos que son realizados en el gimnasio. En la segunda parte, se detallan los test de fuerza, de altura de salto, altura mantenida y

velocidad de lanzamiento que se han realizado en el medio acuático, agrupándolos en función de las manifestaciones consideradas más determinantes en el waterpolo: fuerza de empuje, fuerza de nado, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento.

Para efectuar un riguroso control del entrenamiento y observar su evolución, es importante que los test se administren regularmente, en intervalos predeterminados basados en los ciclos de entrenamiento, a fin de que la monitorización sea efectiva⁶⁹.

3.1. Test genéricos y específicos generales

La evaluación de la fuerza y potencia muscular para la monitorización del entrenamiento ha sido poco investigada. Los test de fuerza genéricos y específicos generales en waterpolo se han realizado principalmente mediante trabajos isométricos orientados a valorar el momento de fuerza «torque» de la articulación escapulohumeral. Con el objetivo de detectar posibles desequilibrios musculares entre agonistas-antagonistas, de proporcionar información sobre la integridad de los manguitos de los rotadores⁷⁰ y su relación con la prevención de lesiones, y de analizar su relación con el rendimiento del lanzamiento^{71,72}.

Los estudios que evalúan la fuerza isocinética de los músculos rotadores muestran como los jugadores de waterpolo presentan valores de fuerza superiores que el grupo control⁷¹. Además, en jugadores profesionales los resultados de la fuerza en la rotación interna (RI) son superiores que en la rotación externa (RE) (RI: 68,5 N·m y RE: 37,1 N·m) con ratios de 2:1^{78,70}. A diferencia del sexo masculino, las jugadoras profesionales muestran ratios más

equiparados entre RI y RE de (0,88) con valores de fuerza de (RI: 37,7 N·m y RE: 33,4 N·m)⁷³ o valores de (RI: 39,5 N·m y 36,4 N·m y RE: 35,2 N·m y 32,1 N·m), en jugadoras séniors y júniors, respectivamente, determinando la misma ratio RE/RI de 0,8⁷⁴.

La ratio del *torque* de la musculatura rotadora parece ser mejor en el sexo femenino que el masculino, al mantener una relación entre la musculatura interior y la exterior más equilibrada, disminuyendo la incidencia de lesiones⁷¹. Contrariamente, los hombres presentan casi el doble de *torque* en la musculatura rotadora interna que la externa (ratio 2:1), lo que facilita la aparición de lesiones⁷³.

Otra de las evaluaciones realizadas en las extremidades superiores ha sido la fuerza de agarre, que se identifica como factor limitante en la sujeción del balón y en el lanzamiento por encima de la cabeza⁷⁵. En estos test, el sujeto debe realizar la máxima contracción con los brazos extendidos presionando un dinamómetro. Los resultados mostraron ligeras variaciones no significativas a lo largo de la temporada, llegando a picos de fuerza de $32,8 \pm 5,1$ Kg en el brazo izquierdo y $36,5 \pm 5,6$ kg en el brazo derecho⁶⁹. Ferragut⁷⁵ determinaron valores en la fuerza de agarre de $44,2 \pm 6,6$ N, observándose la existencia de diferencias significativas entre los boyas con respecto a los laterales, además de establecerse correlaciones con la velocidad de lanzamiento en la situación de lanzamiento con portero. El mantenimiento de la fuerza de agarre, más que su incremento, será uno de los objetivos del entrenamiento en las jugadoras⁶⁹.

El *press* de banca, al ser un ejercicio que involucra a la musculatura que interviene en el lanzamiento, también ha sido utilizado como test para el control

de la condición física en el waterpolo. En este caso, se cuantificó la mayor carga posible que se podía levantar en 1RM (una repetición máxima) para comprobar los efectos de un programa de entrenamiento de alta intensidad durante 18 semanas, obteniendo incrementos en 9 kg (de $86,06 \pm 13,6$ kg a $95,12 \pm 15,5$ kg)⁷⁶. En la misma línea, Mujika⁷⁷ propuso en su modelo de evaluación realizar un test de 3RM (tres repeticiones máximas) en el *press* de banca para determinar la fuerza máxima o realizar el máximo número de repeticiones con el 70,0 % del peso corporal para evaluar la fuerza resistencia.

Paralelamente, se han propuesto ejercicios que involucran la musculatura dorsal, entre otros grupos musculares, mediante la realización de dominadas (3 RM)⁷⁷. Además de estudiar la existencia de correlaciones de esta musculatura dorsal con el ejercicio del *pull-over* bilateralmente (con valores de $438,9 \pm 127,1$ N brazo izquierdo y $462,5 \pm 116,9$ N brazo derecho), y la velocidad de lanzamiento⁷⁸.

La evaluación de las extremidades inferiores se ha realizado con el ejercicio de media sentadilla mediante dinamómetro, para la monitorización de la fuerza máxima de piernas a lo largo de la temporada (Test 1: $128,7 \pm 30,9$ N; Test 2: $134,2 \pm 19,3$ N; Test 3: $132,4 \pm 20,8$ N)⁶⁹. Otros autores han cuantificado la máxima carga que se podía mover en 1RM en el ejercicio de sentadilla completa después de un periodo de entrenamiento de alta intensidad, obteniendo incrementos de 11,0 kg (de $77,81 \pm 16,3$ kg a $88,87 \pm 16,5$ kg)⁷⁶; o de la fuerza de la musculatura aductora ($790,2 \pm 200,3$ N) y abductora ($749,9 \pm 232,0$ N) y su relación con la velocidad de lanzamiento⁷⁸. Finalmente, Mujika⁷⁷ propuso en su modelo evaluar no solo la fuerza máxima, sino también la fuerza

resistencia en la prensa de piernas contabilizando el máximo número de repeticiones con el 200,0 % del peso corporal.

La valoración de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores se ha realizado mediante el salto vertical en contramovimiento en plataforma de contactos^{69,79}, obteniendo valores durante la temporada entre $0,33 \pm 0,004$ m y $0,35 \pm 0,002$ m,⁶⁹ o incrementos de 0,02 m ($0,34 \pm 0,004$ m a $0,36 \pm 0,004$ m) después de 18 semanas de entrenamiento a alta intensidad⁷⁶. El salto también se ha valorado con el test de *Squat Jump*, midiendo la máxima altura alcanzada con una mano en una tabla de medida o artilugio similar. En este caso se utilizó para comparar el salto entre jugadores de categoría séniors y juniors⁷⁴ ($0,32 \pm 0,006$ m y $0,27 \pm 0,007$ m, respectivamente) para establecer correlaciones entre el salto vertical en seco ($0,30 \pm 0,007$ m) con el salto vertical en el medio acuático en jugadoras^{52,73}, y determinar la existencia de correlaciones entre el salto vertical en la plataforma de fuerzas con distintas variables de rendimiento⁸⁰.

La fuerza generada por la musculatura del tronco presenta un rol muy importante en la realización del lanzamiento, dado que contribuye entre un 30-35,0 % a la velocidad del balón⁸¹. En esta línea, Marrin⁶⁹ registraron valores de fuerza en la musculatura de la espalda en el ejercicio de peso muerto de $94,3 \pm 6,9$ kg, sin que se mostraran diferencias significativas a lo largo del año. Por otro lado, ha sido de interés la evaluación de la musculatura rotadora del tronco (musculatura abdominal) en ambos lados de giro (hacia la izquierda: $666,3 \pm 146,7$ N y hacia la derecha: $707,1 \pm 136,7$ N) para determinar si existían correlaciones con la velocidad de lanzamiento.

En síntesis, existen escasas investigaciones en la bibliografía especializada, interesadas en la valoración de la fuerza genérica y específica general en waterpolo. Concretamente, hemos encontrado un total de 15 estudios. Los principales objetivos de estos han sido determinar los perfiles de rendimiento de fuerza de la musculatura de los cuádriceps, pectoral, dorsal, antebrazo y hombro, establecer correlaciones entre el trabajo general realizado en el gimnasio con acciones de específicas de deporte y examinar los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento y su monitorización a lo largo de una temporada. Del total de estudios encontrados en la bibliografía especializada, un 53,0 % se realizaron en sujetos del grupo masculino y un 40,0 % en sujetos del grupo femenino, mientras que un 6,0 % no especificaron el género de los sujetos. El 80,0 % de las publicaciones se centraron en jugadores/as mayores de 18 años y principalmente de alto nivel, un 20,0 % en jugadores/as de 14 a los 17 años, mientras que un 6,0 % no se especificaron las edades. Entre todas las publicaciones, la valoración de la fuerza explosiva, mediante el salto vertical (CMJ, SJ y variantes) ha sido el test más utilizado.

Los test de fuerza máxima, tanto para las extremidades inferiores (prensa de piernas, máquina aductores y abductores, y el *squat*) como para las extremidades superiores (*press* de banca, dominadas, *pull-over*) han sido también de gran interés (41,0 % de los estudios). Aproximadamente, un 20,0 % de las publicaciones se orientaron a detectar desequilibrios musculares de la musculatura del hombro, mediante dinamómetro o tecnología isocinética. Finalmente, la fuerza de agarre y la musculatura del tronco han sido los aspectos de menos interés, solamente incluidos en 2 estudios (13,0 %).

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	N	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Sáez Sáez et al.	2014	Comparar el trabajo de fuerza en seco con el trabajo de fuerza en el medio acuático.	M	n = 19 n = 10 G.Ent.S. n = 9 G.Ent.A.	G. Ent.S: 18,5 ± 2,3 G. Ent.A: 19,7 ± 5,4	Alto nivel (Liga española)	Máquinas de musculación. CMJ Sistema infrarrojo.	Press banca máquina Smith: Determinación 1RM. Full Squat en máquina Smith: Determinación 1 RM CMJ 3 saltos con 2 min rec.	Press de banca máquina Smith: 1RM G. Ent. S Pre: 86,9 ± 6,4 kg Post: 95,2 ± 5,2 kg G. Ent. A Pre: 84,3 ± 6,2 kg Post: 87,3 ± 5,9 kg Full squat en máquina Smith: 1RM G. Ent. S Pre: 107,3 ± 10,5 kg Post: 119,4 ± 11,0 kg G. Ent. A Pre: 104,9 ± 13,2 kg Post: 110,4 ± 12,0 kg CMJ G. Ent. S Pre: 36,9 ± 3,7 cm Post: 40,2 ± 4,5 cm G. Ent. A Pre: 34,1 ± 3,1 cm Post: 36,7 ± 2,0 cm
Ramos et al.	2014	Examinar los efectos 16 semanas de entrenamiento de la fuerza y potencia en las extremidades inferiores sobre el entrenamiento de W. P y la fuerza muscular	F	n = 21 n = 11 G. Ent n = 10 G. Con.	26,4 ± 4,3	Alto nivel (liga española)	Maquinas de musculación. CMJ Sistema de infrarrojos.	Full Squat en máquina Smith: Determinación 1 RM CMJ 3 saltos con 2 min rec.	Full squat en máquina Smith: 1RM Grupo entrenamiento Pre: 60,88 ± 5,34 kg Post: 73,6± 5,67 kg grupo control Pre: 58,87 ± 4,33 kg Post: 60,50 ± 4,54 kg CMJ Grupo entrenamiento Pre: 28,63 ± 2,93 cm Post: 31,11 ± 2,83 cm Grupo control Pre: 27,85 ± 2,42 cm Post: 28,51 ± 2,36 cm

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Stirn et al.	2014	Examinar diferentes tipos de test de fuerza de piernas. Examinar diferencias y correlaciones entre los diferentes test	M	n = 28	14-16	Alto nivel (liga española) Sub 16	Plataforma de fuerzas.	Test de S J. 3 Saltos. Se escogió el mejor resultado.	Altura SJ: 0,29 ± 0,03 m
Veliz et al.	2014	Examinar los efectos de 18 semanas de entrenamiento de fuera y alta intensidad en el rendimiento W.P.	M	n = 27 n = 16 G. Ent. n = 11 G. Con.	20,43 ± 5,0	Nivel Nacional	Maquinas de musculación. CMJ Sistema infrarrojo.	Press banca en máquina Smith: Determinación 1RM. Full Squat en máquina Smith: Determinación 1 RM CMJ 5 saltos con 1 min de rec.	Grupo entrenamiento Press banca: Pre: 86,06 ± 13,6 kg Press banca: Post: 95,12 ± 15,5 Kg. Full Squat: Pre: 77,81 ± 16,3 kg Full Squat: Post: 88,87 ± 16,5 Kg Grupo control: Press banca: Pre: 80,36 ± 10,2 kg Full Squat: Post: 75,27 ± 12,6 Kg CMJ: Pre: 34,48 ± 4,8 cm CMJ: Post: 36,86 ± 4,9 cm CMJ: Pre: 32,38 ± 6,5 cm CMJ: Post: 33,19 ± 5,9 cm
Alcaraz et al.	2011	Definir características antropométricas de los jugadores. Determinar la fuerza isométrica máx. Determinar velocidades en entrenamiento y competición. Observar si existen diferencias entre ambas situaciones.	F	n = 10	23,5 ± 2,1	Alto nivel	Dinamómetro.	Fuerza isométrica de agarre: 3 rep. para el calentamiento. Rec 2 min 2 rep. máx.	N/A

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Ferragut et al.	2011	Desarrollar un perfil Antropométrico. Identificar relaciones entre las características antropométricas con la velocidad de lanzamiento.	M	n = 13	26,1 ± 4,8	Alto nivel	Dinamómetro.	Fuerza isométrica de agarre: Realizaron 2 rep. a máx. Intensidad con la mano dominante.	Media de los jugadores: 44,2 ± 6,6 N Exteriores: 43,9 ± 5,9 N Defensores de boya: 48,3 ± 6,6 N Boyas: 55,3 ± 2,5 N
Platanou et al.	2011	Determinar características antropométricas, fisiológicas y técnicas en jugadores W. P Examinar relaciones con la velocidad de lanzamiento.	F	n = 33	21,7 ± 5,4	Alto nivel (Liga Griega)	Tabla de medida. Dinamómetro isocinético Con-Trex.	Salto vertical (SJ): Realizaron 3 saltos. Medir la máxima altura con la mano. Rotadores de hombro: Brazo a 90° abducción y codo flexionado a 90° Velocidad angular de 180°/segundos 5 rep. concéntricas máximas	Salto vertical: 30,3 ± 7,0 cm IR máx: 37,7 ± 3,2 N-m ER máx: 33,4 ± 3,5 N-m Ratio ER / IR: 0,88 ± 0,03
Krueger et al.	2010	Correlacionar la fuerza dinámica de las extremidades inferiores y superiores con la velocidad de lanzamiento.	M	n = 15	16,4 ± 3,0	Alto nivel (juniors E. Nacional)	Máquinas musculación.	Pull-over máquina (mano derecha e izquierda). Abdominal con rotación (derecha e izquierda). Abducción y aducción con máquina.	Pull-over mano izquierda: 438,9 ± 127,1 N Pull-over mano derecha: 462,5 ± 116,9 N Abdominal hacia la izquierda: 666,3 ± 146,7 N. Abdominal hacia la derecha: 707,1 ± 136,7 N. Abductor: 749,9 ± 232,0 N
Lisa McCluskey et al.	2010	Correlación entre velocidad de lanzamiento y altura de salto.	F	n = 22	20,4 ± 6,1	Alto nivel	Yardstick.	Salto vertical: Salto vertical con contramovimiento y balanceo de brazos. Máx. altura brazo extendido desplazando las lamas.	Media del grupo: 37,9 ± 5,1 cm.

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Varamenti et al.	2008	Comparar las características antropométricas, fisiológicas y técnicas entre séniors y juniors. Establecer correlaciones entre variables.	F	n = 13 Jug.Sen. n = 13 Jug.Jun.	26,3 ± 1,4 17 ± 1,2	E. Nacional	Tabla de medida. Dinamómetro isocinético Con-Trex.	Salto vertical: Saltar sin contramovimiento y marcar la máxima altura en la tabla. 3 rep. Musculatura de los rotadores: Brazo a 90° abducción y codo flexionado a 90°. Velocidad angular de 180°/segundos 5 rep. concéntricas máx.	Séniors / Juniors Salto vertical (cm): Salto vertical (cm): 32,1 ± 6,3 / 27,9 ± 7,0 Total: 30,0 ± 6,9 IR torque (N-m): IR torque (N-m): 39,5 / 36,4 Total: 37,0 ± 3,2 ER torque (N-m): ER torque (N-m): 35,2 / 32,1 Total: 33,6 ± 3,5
Marrin et al.	2008	Obtener las características fisiológicas y antropométricas en jugadores de W.P. Monitorizar los cambios durante un año de entrenamiento.	F	n = 14 (n = 6 todo)	22 ± 4,4	E. Nacional (Escocia)	Dinamómetro. Plataforma de contactos.	Fuerza piernas: NE Fuerza de espalda: NE Fuerza de agarre: Presionar con las manos el dinamómetro CMJ	Fuerza de piernas: 134,2 ± 19,3 kg Fuerza de espalda: 94,3 ± 6,9 kg Fuerza de agarre: izquierda (32,8 ± 5,1 kg) derecha (36,5 ± 5,6 kg) CMJ: 35,0 ± 2,5 cm
Mujika, I.	2007	Presentar un modelo de evaluación para el waterpolo.	NE	NE	NE	NE	Máquinas musculación.	3 RM dominadas (agarre frontal) 3 RM press de banca 3 RM prensa de piernas.	NE
Sáez Sáez, E.	2006	Relacionar las medidas de fuerza máx., potencia y velocidad con los test de salto vertical en el agua.	M	n = 12	26,41 ± 5,5	Alto nivel (Costa Rica)	Máquinas musculación.	1 RM prensa inclinada.	NE

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Tsekouras et al.	2005	<p>Evaluar el hombro.</p> <p>Determinar relaciones entre las distintas variables.</p>	M	n = 19	25,5 ± 5	Alto nivel	<p>Dinamómetro isocinético Con-Trex.</p>	<p>Rotadores de hombro</p> <p>5 repeticiones máximas concéntricas.</p> <p>Realizado con el brazo dominante.</p> <p>Hombro a 90° Abducción y a una velocidad angular de 120° /segundos</p>	<p>(RI): 68,5 ± 10,8 N-m</p> <p>(RE): 37,1 ± 5,7 N-m</p> <p>Ratio: RI / RE: 1,0:1,9</p>
Platanou, T.	2005	<p>Evaluar el salto vertical en el agua.</p> <p>Determinar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores mediante el salto vertical.</p> <p>Establecer relaciones entre ambos test.</p>	M	n = 43	<p>22 = 22,7 ± 3,3</p> <p>21 = 22,9 ± 3,6</p>	<p>22 Alto nivel</p> <p>21 Bajo nivel</p>	<p>Plataforma de fuerzas.</p> <p>Tabla de medida.</p>	<p>Salto vertical Squat jump (SJ)</p> <p>Salto sin contramovimiento y marcar la máxima altura en la tabla de medida.</p>	<p>Boyas: 49,9 cm</p> <p>Defensas de Boya: 50,3 cm</p> <p>Periferia: 49,2 cm</p> <p>Porteros: 48,3 cm</p> <p>Alto nivel: 50,6 cm</p> <p>Bajo nivel: 48,6 cm</p>

Tabla 9. Resumen de los test de fuerza generales. **S** = sexo; **n** = número de sujetos; **F** = femenino; **M** = masculino; **NE** = no especificado. **G. Ent. S** = grupo entrenamiento en seco; **G. Ent. A** = grupo de entrenamiento en el agua; **CMJ** = salto con contramovimiento; **S.J** = squat jump; **1RM** = una repetición máxima; **N** = newtons; **kg** = kilogramos; **IR** = rotadores internos; **ER** = rotadores externos; **B.M** = balón medicinal.

3.2. Test específicos dirigidos

En el transcurso de un partido de waterpolo existen periodos de diferentes duraciones e intensidades, en las cuales los jugadores deben nadar, saltar y lanzar el balón, alternados con momentos de descanso o de baja intensidad⁸². Estamos, además, ante un deporte de contacto, en el que los jugadores llevan a cabo luchas cuerpo a cuerpo contra su adversario con acciones de bloqueo, contactos y empujones⁸³. La necesidad de jugadores más grandes, más fuertes y más rápidos está ampliamente influida por el desarrollo en las características antropométricas y la optimización del entrenamiento de las manifestaciones de fuerza específicas^{58,84,85}.

A continuación, presentamos una revisión de los test específicos dirigidos aplicados en el medio acuático encontrados en la bibliografía especializada, agrupados en las diferentes acciones que consideramos más predominantes en el waterpolo: fuerza de empuje, fuerza y potencia de nado, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento.

3.2.1. Test de fuerza de empuje

El waterpolo es un deporte que se caracteriza porque en él se producen muchos episodios de contacto. Como se ha comprobado en el *time-motion*, los forcejeos son constantes en el transcurso del partido, suponiendo un 12,9 % del tiempo total del partido. Este tipo de acciones, junto con el desplazamiento en posición vertical, la flotación y las acciones de nado, son a las que se dedica mayor porcentaje del tiempo^{29,36,37}. Durante la preparación de los últimos campeonatos del mundo se probaron algunos protocolos, utilizando el Muscledab, para determinar la fuerza de empuje de la selección española⁸⁶.

Concretamente, algunos de estos test se han seleccionado para la realización del estudio. En ellos se diferenciaba entre el test de empuje frontal (para simular la posición el defensor de boya) y el test de empuje de espalda (para simular la posición de boya). En la literatura científica no hemos encontrado ninguna referencia que analice de forma específica dicha manifestación en el contexto del waterpolo. Por lo demás, se han considerado incluir algunas propuestas de determinados estudios por su similitud y orientaciones semejantes a la presente tesis. En esta línea, destacamos los estudios de Uljevic^{66,87}, que valoraron la fuerza de piernas resistida mediante dinamómetro empujando hacia delante. El sujeto atado por la cintura con una goma elástica imprime la máxima fuerza utilizando el movimiento de las piernas mediante la técnica de *eggbeater kick* (el deportista realiza la acción de pataleo con un movimiento circular de las piernas de forma alternativa). Se registraron valores de $35,7 \pm 6,0$ kg y de $30,01 \pm 6,8$ kg en jugadores del equipo nacional con edades de 17-18 años y 15-16 años, respectivamente. Stirn⁸⁸ valoró la fuerza de piernas en chicos de 14-15 años comparando el pataleo de forma alternativa o simultánea. El sujeto con un cinturón fijado a la pared mediante una cuerda no elástica, manteniendo el cuerpo en posición horizontal y con una tabla de flotación en sus manos, debe aplicar la máxima fuerza con las piernas empujando hacia delante. Los test aplicados fueron: máxima fuerza aplicada durante 10 s con patada de piernas alternativa, máxima fuerza aplicada durante 10 s con patada de piernas simultánea, máxima fuerza en una sola patada de forma alternativa y máxima fuerza aplicada en una sola patada de forma simultánea. Los resultados concluyeron que la fuerza media aplicada en la realización del pataleo alternativo fue mayor que realizado de forma

simultánea. El autor sugiere la utilización del pataleo alternativo cuando los jugadores se encuentren en una acción de lucha con su oponente.

Como podemos apreciar, las evaluaciones de las acciones de contacto han sido poco investigadas en la literatura especializada y se han centrado principalmente en la fuerza de empuje frontal^{66,87,88}, dejando en un segundo plano la capacidad de generar fuerza de espaldas, que aparece estudiado en una sola investigación⁸⁶.

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	SEXO	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Stirn et al.	2014	Examinar diferentes tipos de test de fuerza de piernas. Determinar correlaciones entre los diferentes test.	M	n = 28	14-16 años	Entrenados Nivel potencial para acceder a U 16 equipo Español.	Sensor De Fuerza	El sujeto llevaba un cinturón donde se conectaba una cuerda no elástica. El otro lado de la cuerda estaba conectado a una célula de carga. En posición horizontal con un tablero flotante en sus brazos. Debían aplicar la máxima fuerza con la acción de pataleo (<i>eggbeater kick</i>). (Nado completamente resistido) FTSa: máxima fuerza de piernas alternativamente durante 10 segundos. FTSa: fuerza media de piernas alternativamente durante 10 segundos. FTSs: máxima fuerza de piernas simultáneamente durante 10 segundos. FTSs: fuerza media de piernas simultáneamente durante 10 segundos. Fla: máxima fuerza de piernas alternativamente en una sola acción. Fla: máxima fuerza de piernas simultáneamente en una sola acción.	FTSa: 188,7 ± 35,6 N FTSa avg: 128,0 ± 25,8 N FTSs: 243,4 ± 37,0 N FTSs avg: 111,3 ± 22,0 N Fla: 296,7 ± 80,4 N Fla: 360,5 ± 73,4 N
Uljevic et al.	2014	Determinar la fiabilidad, validación y aplicabilidad de test específicos aislados y combinados en las capacidades condicionales en jugadores juniors de waterpolo.	M	n = 54	Grupo1: (15-16 años) 9 E. Nacional 14 No E. Nacional Grupo 2: (17-18 años) 10 E. Nacional 19 No E. Nacional	Equipo Nacional No pertenecientes al equipo Nacional	Dinamómetro.	El jugador debe aplicar la máxima fuerza de piernas (movimiento circular de las piernas y de forma alternativa)	Grupo 1: (15-16 años) 9 equipo nacional: 30,01 ± 6,8 kg 14 no equipo nacional: 28,44 ± 5,01 kg Grupo 2: (17-18 años) 10 equipo nacional: 35,77 ± 6,05 kg 19 no equipo nacional: 32,06 ± 5,05 kg
Uljevic et al.	2013	Estudiar la fiabilidad y validez de diferentes test específicos de W.P. Determinar si existen diferencias entre posiciones en las diferentes variables estudiadas.	M	n = 54	15 - 17 años 5 Boyas 11 Centrales 38 Otras posiciones	Experimentados (Mejores equipos de Croacia)	Dinamómetro.	El sujeto llevaba un cinturón en el que se conectaba una goma elástica. El otro lado de la goma se conectaba a un dinamómetro. El sujeto debe aplicar la máxima fuerza de las piernas, son las manos libres. El cuerpo debe mantenerse en posición vertical. (Nado semi-resistido)	Media: 30,93 ± 7,73 W Boyas: 24,43 ± 4,30 W Centrales: 27,83 ± 7,68 Otras posiciones: 28,20 ± 9,54 W

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	SEXO	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Solé, J.	2005	Evaluar la fuerza de empuje frontal y empuje de espaldas en jugadores de waterpolo de alto nivel.	M	n = 12	24 ± 9,59	Alto nivel (Selección Española)	Galga	<p>Fuerza de empuje frontal:</p> <p>El sujeto atado por la cintura con una goma elástica.</p> <p>Con el cuerpo en posición horizontal frontalmente y sin utilización de las manos se debe aplicar la máxima fuerza de pataleo (<i>eggbeater kick</i>).</p> <p>Fuerza de empuje de espaldas:</p> <p>El sujeto está atado por la cintura con una goma elástica.</p> <p>Con el cuerpo en posición vertical de espaldas y con la ayuda de las manos debe aplicar la máxima fuerza de pataleo (<i>eggbeater kick</i>) y de brazos.</p>	<p>Fuerza de empuje frontal:</p> <p>Media: 197 N</p> <p>Porteros: 188,7 N</p> <p>Arco:196,4 N</p> <p>Def. Boyas: 214,6 N</p> <p>Boyas:201 N</p> <p>Fuerza de empuje de espaldas:</p> <p>Media: 265 N</p> <p>Porteros: 253 N</p> <p>Arco:254 N</p> <p>Def. Boyas: 287 N</p> <p>Boyas: 304 N</p>

Tabla 10. Resumen de los test específicos de la fuerza de lucha. **S** = sexo; **n** = número de sujetos; **F** = femenino; **M** = Masculino; **NE** = no especificado; **G. Ent. S** = grupo entrenamiento en seco; **G. Ent. A** = grupo entrenamiento en el agua; **N** = Newtons; **W** = Watts.

3.2.2. Test de fuerza y potencia de nado

Durante un porcentaje importante del tiempo de partido los jugadores deben nadar para realizar la transición de ataque a defensa y viceversa o para marcar o para desmarcarse del adversario. Además, la mitad de estas acciones son realizadas a intensidades altas o muy altas. Por eso, la capacidad de generar fuerza en esta acción va a ser determinante para incrementar la velocidad de desplazamiento y, por tanto, reducir estas fases y acciones del juego.

El rendimiento en natación depende del mantenimiento de la mayor velocidad durante la competición, influida por la frecuencia y la longitud de brazada. Además, la brazada dependerá de algunos factores como la capacidad que tenga el músculo de generar y mantener altos niveles de fuerza, la cual se ve reducida como respuesta a los procesos de fatiga⁸⁹. La interacción entre las fuerzas propulsivas y resistivas a que el nadador está sometido durante el nado hará que se vea modificada la velocidad de desplazamiento⁹⁰. Así, los nadadores pueden conseguir aumentar su velocidad ya sea por un incremento de las fuerzas propulsivas o por una reducción de las fuerzas resistivas⁹¹.

En el contexto del waterpolo casi no se ha valorado esta manifestación de la fuerza. Solo se encuentran un par de estudios que utilizaron un sistema de evaluación similar al de la presente tesis. Un primer estudio es el de Kondrič⁶⁸. El test consistió en nadar a la máxima intensidad atado a una goma elástica fijada por un extremo en un cinturón y, por el otro, conectada en un dinamómetro. En el estudio se compararon algunas variables físicas, entre ellas la fuerza de nado, entre 5 posiciones de juego en jugadores júnior de alto nivel. Los valores obtenidos fueron: centrales ($36,7 \pm 19,4$ kg), interiores ($37,2 \pm$

18,3 kg), porteros ($28,3 \pm 10,4$ kg), extremos ($35,1 \pm 12,9$ kg) y laterales ($35,8 \pm 16,3$ kg) con una media de: $34,2 \pm 16,3$ kg. Se concluyó que los porteros fueron los que aplicaron los valores de fuerza más bajos y mostraron diferencias significativas con las demás posiciones. Un segundo estudio publicado por Sole⁸⁶, y en la misma línea que el anterior, examinó la fuerza de nado por posiciones de juego y obtuvo los siguientes resultados: porteros (188,2 N), jugadores de arco (196,4 N), defensores de boya (214,6 N) y boyas (201 N).

Por este motivo, debemos destacar los estudios realizados en el ámbito de la natación. En la bibliografía científica, son muchos los autores que se han dedicado a determinar la fuerza generada en la acción de nado⁹²⁻⁹⁷. Para ello, se han utilizado gran variedad de test, desde los muy generales, realizados fuera del medio acuático (test de fuerza específica general), hasta los más específicos, realizados en el agua (test de fuerza específica dirigida).

Dentro del medio acuático se han utilizado tanto métodos indirectos, mediante análisis biomecánico en 2D (dos dimensiones) y 3D (tres dimensiones)⁹⁸ como métodos directos, utilizando guantes piezoeléctricos⁹⁹, sistema MAD (sistema de medición que consta de 16 placas separadas a 1,35 m y colocadas a 0,8 m debajo de la superficie del agua a lo largo de 23 m, en los cuales el deportista imprime la fuerza para nadar. El artilugio lleva incorporado en su extremo un transductor de fuerza)⁹⁵, nado semi-resistido¹⁰⁰, nado completamente resistido^{92,101-105} o en canales de corriente¹⁰⁶. No obstante, el desplazamiento en el medio acuático es altamente complejo, lo que dificulta mucho su evaluación y el cálculo de la magnitud de estas fuerzas⁹⁴.

Actualmente, el sistema más utilizado en la bibliografía especializada para la medición directa de la fuerza o potencia propulsiva en el medio acuático ha sido mediante el nado resistido. Con este sistema, el sujeto está conectado mediante una cuerda, cable metálico o goma que se fija a una galga extensiométrica (célula de carga, transductor de fuerza, dinamómetro o algún artilugio similar) o polea con peso, lo que permite registrar la fuerza o potencia realizada en la acción de empuje. En ello se ha diferenciado dos formas ligeramente distintas, el nado semi-resistido y el nado completamente resistido:

En el primer caso, el nado semi-resistido, el sujeto atado por la cintura se desplaza hacia delante, superando la resistencia del agua y tirando de la cuerda o cable conectado a una polea o un transductor de fuerzas. Conocida la velocidad y la fuerza desarrollada se extrae la potencia generada, con lo que el método ha demostrado ser un predictor fiable de la velocidad de nado¹⁰⁷. Con el incremento de la carga, la fuerza también aumenta, mientras que la velocidad disminuye. La máxima potencia se obtendrá de una correcta combinación de la fuerza y la velocidad.

En los primeros estudios de nado semi-resistido, se adaptó el sistema biocinético para determinar la potencia de nado en la piscina¹⁰⁸. El dispositivo libera y regula la velocidad del cable que está atado a la cintura del nadador. Este nada a la máxima intensidad alejándose del artilugio. La fuerza aplicada por el sujeto es transmitida a un transductor de fuerza obteniendo la potencia desarrollada.

Otro sistema utilizado en el nado semi-resistido es con un sistema de poleas, en el que el sujeto, atado con un cinturón y una cuerda a la polea, tiene que desplazarse en el agua y mover verticalmente una carga externa¹⁰⁹. Se mide la distancia de nado, la carga levantada, el tiempo y el número de brazadas por cada carga, obteniendo la curva de carga vs potencia¹¹⁰. Con este mismo sistema, se observó una disminución de la velocidad y la longitud de brazada con el incremento de la carga, pero no en la frecuencia de brazada¹¹¹, modificaciones en los aspectos coordinativos con el incremento de la carga, siendo significativos a partir de los 2,84 kg. El estudio concluyó, que el entrenamiento resistido puede ser un buen método de entrenamiento para la mejora del rendimiento de los nadadores, además de beneficiar a la coordinación, siempre y cuando se controle cuidadosamente y de forma individualizada la carga. A pesar de estas ligeras alteraciones en la mecánica de nado, este test proporciona un método sensible y fiable para evaluar la fuerza¹⁰⁸, utilizable para entrenar y testar a los nadadores, y asimismo para monitorizar los cambios de potencia durante el curso de la temporada, ofreciendo unas características hidrodinámicas parecidas al nado libre. Se demuestra su aplicabilidad por las altas correlaciones entre la velocidad esprintando con la potencia de nado: ($r = 0,84^{108}$), y entre la potencia/brazada y el tiempo en los 50 m: ($r = - 0,80^{109}$). Es, además, una herramienta barata y efectiva para investigadores, entrenadores y nadadores¹⁰⁹.

Otro sistema de evaluación, que es el utilizado en la presente tesis, consisten en medir la fuerza de nado completamente resistido, en el cual la resistencia aplicada no permite que el sujeto pueda desplazarse hacia delante o hacerlo ligeramente (en caso de utilizar goma elástica). Este sistema, mejora y facilita

la posibilidad de medir la fuerza máxima que, teóricamente, corresponde a la fuerza que el nadador debe producir para superar la resistencia del agua a la máxima velocidad nadando libremente^{92,97}. Este valor de fuerza máxima se obtendrá en el momento que la fuerza externa aplicada sobre el nadador le impide continuar avanzando ($v = 0$) (en el caso de utilizar goma elástica)^{91,94,112-118}. De acuerdo con Martin¹¹⁹ esta situación podría representarse según la siguiente ecuación:

$$F_t \text{ (N)} + F_r \text{ (N)} - F_p \text{ (N)} = 0$$

Donde F_t es la *fuerza agarre* o de sujeción, que corresponde a la carga externa unida al nadador y que debe contrarrestar. La F_r es la *fuerza de arrastre*, originada por el desplazamiento del cuerpo del nadador sobre la superficie del agua y opuesta al movimiento hacia delante; y la F_p es la *fuerza* creada durante el empuje de la brazada *para propulsarse*, que supera la F_r y contrarresta la F_t .

La similitud en la forma de propulsarse entre este sistema de evaluación en comparación al nado libre ha estado sujeto a algunas críticas. Hay la tendencia a señalar que la fuerza mediante el nado resistido exagera la fuerza que el nadador es capaz de aplicar⁹² y que la carga aplicada en las extremidades superiores es mayor que durante el nado libre¹²⁰. Es una técnica simple, pero con el inconveniente de que el nadador no se mueve con relación al agua de la misma manera que lo hace en el nado libre⁹². Además, este sistema no tiene en cuenta las fuerzas resistivas del agua, que se incrementan al cuadrado de la velocidad⁹⁶. No obstante, se considera uno de los sistemas de nado más específicos, ya que simula las características ambientales, la mecánica de

brazada, aspectos fisiológicos y antropométricos e influencias morfológicas del nado^{112,120}. No altera la brazada ni ninguna respuesta fisiológica en comparación al nado libre de una duración e intensidad similar¹²¹. Es un herramienta muy útil para la valoración de la fuerza nado^{119,122} y constituye un sistema valido y fiable para evaluar la fuerza propulsiva^{97,122} y con alta correlación en los test-retest y con bajo coeficiente de variación entre los intentos¹²². Numerosos estudios han establecido correlaciones con la velocidad de nado libre en diferentes distancias^{92,94,115,118,120,123}. Es un test no invasivo, con un coste bajo y requiere de poco tiempo para la evaluación de la fuerza¹²⁴.

Este sistema de evaluación permitirá caracterizar y comparar modelos de braceo y tener un conocimiento más preciso sobre la secuencia de las fuerzas propulsivas durante el nado. Además, facilita a los entrenadores, en tiempo real, la prescripción técnica y proporciona respuestas a algunas cuestiones prácticas¹⁰⁵. Gracias a él se pueden ajustar y monitorizar los programas de entrenamiento y puede utilizarse para la detección de la fatiga o sobreentrenamiento en nadadores. Y finalmente, se puede emplear para proporcionar motivación y variedad en los programas de entrenamiento¹²⁰ y puede usarse para la mejora del rendimiento de nado¹²¹.

Los incrementos de los niveles de fuerza se han visto reflejados en la mejora de los tiempos de nado¹⁰⁹. Parece evidente que la propulsión, y la estimación de fuerzas propulsivas, relacionado con la eficiencia y velocidad de nado^{92,94,105,107,108,118,125}, son factores determinantes para el rendimiento¹²⁶⁻¹²⁸. Diferentes autores han determinado relaciones lineales entre la fuerza en nado resistido y la velocidad de nado libre^{92,101}. Además, se ha mostrado que la

relación entre la fuerza en nado resistido y la máxima velocidad de nado varía de acuerdo a la edad y madurez del nadador¹²⁹ y a su nivel competitivo¹⁰². No obstante, el desplazamiento en el medio acuático es altamente complejo, lo que dificulta su evaluación y el cálculo de la magnitud de las fuerzas que se aplican.

En la bibliografía científica la fuerza de nado ha sido evaluada con distintos objetivos. Se ha utilizado para demostrar la mejora que produce el entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento en natación y sus parámetros relacionados, como el incremento de la longitud de brazada⁹⁵, la reducción de la frecuencia de brazada^{116,117} y el aumento de la fuerza propulsiva en el nado resistido^{95,116,117,130}. Se ha utilizado, además, para determinar la producción de fuerza nadando y sus correlaciones con el rendimiento en diferentes distancias^{93,97,103,107,120,121}. Para medir la potencia generada con los brazos con la técnica de crol y relacionarla con el rendimiento, y observar si se producen mejoras en los valores de fuerza después de un periodo de entrenamiento^{108,131}. Así como examinar los efectos de un periodo de *tapering* en los niveles de fuerza¹²³. Para observar si existen modificaciones en los niveles de fuerza en función del momento del día¹²². Para determinar desequilibrios en la producción de fuerza entre brazos^{96,105} y medir por separado la fuerza de las piernas y los brazos y compararlo con la fuerza utilizando ambas extremidades⁹². Finalmente permite caracterizar el perfil de fuerza de los nadadores en diferentes estilos de nado⁹⁴ y evaluar la fuerza de nado en chicos y chicas en edades comprendidas entre 10 y 16 años⁹¹.

En el campo del waterpolo solo se han encontrado dos estudios que evalúen la fuerza de nado, y en ambos casos se ocupaban de deportistas de alto nivel del sexo masculino. No se han encontrado referencias que hayan evaluado la fuerza de nado en chicos y chicas en diferentes categorías de edad.

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Kondric et al.	2012	Determinar el estado y las diferencias entre cinco posiciones de juego en las medidas antropométricas y algunas variables físicas específicas.	M	n = 110 16 Interiores 28 Extremos 25 Laterales 19 Centrales 18 porteros	17 a 18	Equipo Nacional Júnior Waterpolo	Nado completamente resistido con cuerda conectado a un dinamómetro.	Nadar lo más fuerte posible. 3 intentos y se escogió el mejor	F. med: 34,23 kg Centrales: 36,71 ± 19,46 kg Interiores: 37,29 ± 18,3 kg Porteros: 28,31 ± 10,41 kg Extremos: 35,17 ± 12,91 kg Laterales: 35,81 ± 16,3 kg
Solé, J.	2005	Evaluar la fuerza de nado.	M	n = 12	24 ± 9,59	Alto nivel (Selección Española) Waterpolo	Nado completamente resistido con cable de acero conectado a un dinamómetro	3 intentos de 5 seg. a máx. int. Se escogió la media de los 3 intentos.	F. med: 197,5 N Porteros: 188,7 N Jugadores de arco: 196,4 N Defensa Boya: 214,6 N Boya: 201 N
Morouço et al.	2014	Comparar la brazada y algunas variables fisiológicas entre nado resistido y el nado libre. Establecer relaciones entre parámetros entre fuerza de nado resistido y velocidad de nado.	M	n = 34	17,2 ± 2,7	Competiciones Nacionales e internacionales	Nado completamente resistido con cable de acero conectado a una célula de carga.	Realizaron 30 seg. de nado resistido a máx. Int.	F. máx: 331,8 N F. med.: 112,7 N
Kalva et al.	2014	Verificar la relación de las variables medidas en nado resistido con parámetros aeróbicos y anaeróbicos medidos en 400 m nado libre.	NE	n = 30	20 ± 3,0	Competiciones Nacionales	Nado completamente resistido con una cuerda elástica conectada a una célula de carga.	10 seg. a baja intensidad + 3 min a máx. int. Mantener la cuerda elástica lo más extendida posible durante el test.	Pico de fuerza: 123,3 N F. med: 85,5 N Fuerza Crítica (30 seg. finales): 73,9 N Trabajo (W3'): 1943,2 N-s
Amaro et al.	2014	Examinar la fiabilidad del nado completamente resistido	M	n = 8	15,3 ± 1,1	Competiciones Nacionales	Nado completamente resistido con un cable de acero conectado a una célula de carga.	10 seg. a media intensidad más 30 seg. a máx. int. 24 horas después repitieron el test.	F. Máx: 220,66 N y 217,86 N F. Med: 86,10 N y 86,92 N
Dos santos et al.	2014	Determinar si la fuerza propulsiva y la frecuencia de nado cambia durante 2 min de crol mediante el nado resistido. Establecer correlaciones en ambas variables con los 200 m crol.	NE	n = 21	21,6 ± 4,8	Competiciones Nacionales	Nado completamente resistido con una cuerda y trozo de goma (para evitar rebotes) conectado a una célula de carga.	Realizar 2 min de nado resistido.	Inicio (5 -15 seg): ligeramente por encima de 100 (N) Mitad (55 a 65 seg): ligeramente por encima de 60 (N) Final (110-120 seg): 50 (N)

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (Años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Papoti et al.	2007	Examinar los efectos de 11 días de <i>tapering</i> después de 8,5 semanas de entrenamiento en los niveles de lactato durante un ejercicio máximo y la fuerza media.	M F	n = 14 3 chicas 11 chicos	16 ± 1,3	Entrenados (federación Acuática São Paulo)	Nado completamente resistido con un cable de acero conectado a una célula de carga.	Realizaron 30 segundos a máxima intensidad con el estilo de crol.	F. Media antes <i>taper</i> : 86,56 ± 13,05 N F. Media después <i>taper</i> : 89,88 ± 16,05 N
Kjendlie et al.	2006	Determinar la fiabilidad en la fuerza de nado resistido en nadadores de competición y en nadadores universitarios. Estudiar los efectos de la familiarización del test. Estudiar la fiabilidad del protocolo de test de medidas repetidas	M	n = 32 22 nadadores de competición (16 chicos 6 chicas) 10 nadadores universitarios (9 chicos 1 chica)	17 ± 2 22 años	Nadadores competición. Nadadores Universitarios	Nado completamente resistido con una goma elástica conectada a una célula de carga.	Realizaron 3 intentos con una duración de 10 seg. y se registraba la máxima fuerza.	Los valores de fuerza en cada intento: 1er: 139,9 N 2n: 140,9 N 3r: 141,1 N Nadadores competitivos: 141 N (No familiarizados) 150 N (familiarizados) Nadadores universitarios 130 N (No familiarizados) 137 N (familiarizados)
Taylor et al.	2003	Investigar los efectos de la edad, maduración biológica y crecimiento en la fuerza de nado.	M F	n = 88 n = 40 n = 48	10 a 16	Entrenados/as	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a una célula de carga.	Realizaron 30 seg. a máx intensidad.	Angulo rectificado (valores aprox.) 10 chicos 45 chicas 49 11 chicos 49 chicas 50 12 chicos 50 chicas 51 13 chicos 64 chicas 60 14 chicos 77 chicas 71 15 chicos 90 chicas 82 16 chicos 90 chicas NE
Taylor et al.	2003	Evaluar los cambios en el rendimiento anaeróbico en nadadores de competición	F	n = 47	des-13	Entrenados/as	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a una célula de carga.	Realizaron 30 seg. a máx intensidad.	NE
Dopsaj et al.	2003	Investigar la fiabilidad y validez de las características mecánicas y cinéticas de la fuerza propulsiva en nadadores mediante el nado resistido a la máxima intensidad durante 60 segundos.	M	n = 10	23,7 ± 2,8	4 sujetos Internacionales 6 sujetos categoría nacional	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a un dinamómetro.	Realizan 2-3 brazadas a media intensidad y a la señal del silbato realizar 60 seg de nado a máx. int. Se finalizaba a la señal del silbato. Realizaron 2 intentos. Recuperando 10 min (Activo)	F. Max: 185,5 N i 182,72 F. Min: 26,53 i 26,86 F media: 95,63 i 97,32
Llanas et al.	2002	Medir la fuerza propulsiva en el nado atado	M F	n = 69 31 chicos 38 chicas		Deportistas elite y no elite	Nado completamente resistido con una goma elástica conectada a una célula de carga.	Realizaron 2 intentos de de 30 segundos con 2 gomas elásticas de diferentes resistencias. Rec: 20' entre los dos intentos.	Chicas (goma tipo I) / (goma tipo II) 9-10 años: 4,06 kg / 5,31 kg 11-12 años: 6,09 kg / 8,00 kg 13-14 años: 6,97 kg / 9,00 kg 15 - 16 años: 7, 95 kg / 10,00 kg Chicos (goma tipo I) / (goma tipo II) 11-12 años: 9,51 kg / 12,15 kg 13-14 años: 6,86 kg / 8,88 kg 15-16 años: 10,43 kg / 13,26 kg

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (Años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Papoti et al.	2007	Examinar los efectos de 11 días de <i>tapering</i> después de 8,5 semanas de entrenamiento en los niveles de lactato durante un ejercicio máximo y la fuerza media.	M F	n = 14 3 chicas 11 chicos	16 ± 1,3	Entrenados (federación Acuática São Paulo)	Nado completamente resistido con un cable de acero conectado a una célula de carga.	Realizaron 30 segundos a máxima intensidad con el estilo de crol.	F. Media antes <i>taper</i> : 86,56 ± 13,05 N F. Media después <i>taper</i> : 89,88 ± 16,05 N
Kjendlie et al.	2006	Determinar la fiabilidad en la fuerza e nado resistido en nadadores de competición y en nadadores universitarios. Estudiar los efectos de la familiarización del test. Estudiar la fiabilidad del protocolo de test de medidas repetidas	M	n = 32 22 nadadores de competición (16 chicos 6 chicas) 10 nadadores universitarios (9 chicos 1 chica)	17 ± 2 22 años	Nadadores competición. Nadadores Universitarios	Nado completamente resistido con una goma elástica conectada a una célula de carga.	Realizaron 3 intentos con una duración de 10 seg. y se registraba la máxima fuerza.	Los valores de fuerza en cada intento: 1er: 139,9 N 2n: 140,9 N 3r: 141,1 N Nadadores competitivos: 141 N (No familiarizados) 150 N (familiarizados) Nadadores universitarios 130 N (No familiarizados) 137 N (familiarizados)
Taylor et al.	2003	Investigar los efectos de la edad, maduración biológica y crecimiento en la fuerza de nado.	M F	n = 88 n = 40 n = 48	10 a 16	Entrenados/as	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a una célula de carga.	Realizaron 30 seg. a máx intensidad.	Ángulo rectificad (valores aprox.) 10 chicos 45 chicas 49 11 chicos 49 chicas 50 12 chicos 50 chicas 51 13 chicos 64 chicas 60 14 chicos 77 chicas 71 15 chicos 90 chicas 82 16 chicos 90 chicas NE
Taylor et al.	2003	Evaluar los cambios en el rendimiento anaeróbico en nadadores de competición	F	n = 47	des-13	Entrenados/as	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a una célula de carga.	Realizaron 30 seg. a máx intensidad.	NE
Dopsaj et al.	2003	Investigar la fiabilidad y validez de las características mecánicas y cinéticas de la fuerza propulsiva en nadadores mediante el nado resistido a la máxima intensidad durante 60 segundos.	M	n = 10	23,7 ± 2,8	4 sujetos Internacionales 6 sujetos categoría nacional	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a un dinamómetro.	Realizan 2-3 brazadas a media intensidad y a la señal del silbato realizar 60 seg de nado a máx. int. Se finalizaba a la señal del silbato. Realizaron 2 intentos. Recuperando 10 min (Activo)	F. Max: 185,5 N i 182,72 F. Min: 26,53 i 26,86 F media: 95,63 i 97,32
Llanas et al.	2002	Medir la fuerza propulsiva en el nado atado	M F	n = 69 31 chicos 38 chicas		Deportistas elite y no elite	Nado completamente resistido con una goma elástica conectada a una célula de carga.	Realizaron 2 intentos de de 30 segundos con 2 gomas elásticas de diferentes resistencias. Rec: 20' entre los dos intentos.	Chicas (goma tipo I) / (goma tipo II) 9-10 años: 4,06 kg / 5,31 kg 11-12 años: 6,09 kg / 8,00 kg 13-14 años: 6,97 kg / 9,00 kg 15 - 16 años: 7, 95 kg / 10,00 kg Chicos (goma tipo I) / (goma tipo II) 11-12 años: 9,51 kg / 12,15 kg 13-14 años: 6,86 kg / 8,88 kg 15-16 años: 10,43 kg / 13,26 kg

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Dopsaj et al.	2000	Definir la relación entre máx. vel. en 50 m en nado libre y las dimensiones del área mecánica definida de la fuerza propulsiva en nado resistido en función de la carga tiempo/energía del criterio Observado	M	n = 8	24,6 ± 5,6	Alto nivel (3 sujetos en equipo nacional)	Nado completamente resistido con una cuerda conectada a un dinamómetro.	2-3 brazadas a media intensidad y a la señal del silbato realizan 20 seg de nado a máxima intensidad. Se finalizaba a la señal del segundo silbato.	Media de la F. Máx 5 seg: 271,37 N Media de la F. Máx 10 seg: 261,9 N Media de la F. Máx 15 seg: 254,2 N Media de la F. Máx 20 seg: 247,1 N
Rohrs et al.	1991	Comparar los test más simples y directos realizados en el medio acuático con los test más generales y más utilizados.	M	n = 39	Rango: 14 a 18	NE	Nado completamente resistido con una goma elástica conectada a un dinamómetro.	Test 1: aplicar la máxima fuerza y nadar lo más lejos posibles. El test se consideraba máximo cuando no podía seguir progresando (velocidad 0). Test 2: aplicar la máx. fuerza durante 30 seg.	Pico de fuerza: 12,5 kg Fuerza media: 10,8 kg
Christensen et al.	1987	Examinar la relación entre la máxima fuerza de brazada en nado resistido y la velocidad de esprint en 25 yardas.	M F	n = 39 24 chicos 15 chicas	Rango: 14 a 20	NE	Nado completamente resistido con un cable de acero conectado a una célula de carga.	2 o 3 repeticiones. Rec: 2 min. tenían que mantener la máxima fuerza durante un periodo de 3 seg.	Chicos: 79,3 (lbs) Chicas: 54,9 (lbs)
Yeater et al.	1981	Determinar la fuerza de nado resistido en 3 estilos de nado (crol, braza y espalda). Determinar de forma aislada la fuerza de brazos y piernas. Relacionar estas variables con la velocidad de competición.	M	n = 18	NE	Equipo universitario	Nado completamente resistido con un cable de acero conectado a una célula de carga. Por la parte anterior, está conectado por una cuerda de nylon a la cintura.	Técnicas realizadas: Crol respirando cada brazada. Crol sin respirar. Crol utilizando solo brazos y solo piernas. Braza. Braza solo con piernas. Braza solo con brazos. Espalda.	Fuerza media crol: 191 ± 41 N Pico de fuerza en crol: 384 ± 77 N Fuerza media crol utilizando solo brazos: 97 ± 23 N Fuerza media crol utilizando solo piernas: 119 ± 35 N

Tabla 11. Resumen de los test específicos de la fuerza de nado. **S** = sexo; **n** = número de sujetos; **F** = femenino; **M** = Masculino; **NE** = no especificado; **G. Exp** = grupo experimental; **G. cont** = grupo control; **N** = newtons, **kg** = kilogramos; **lbs** = libras. **En azul:** los estudios realizados en jugadores de waterpolo.

3.2.3. Test de salto y altura mantenida

En el transcurso del juego se dan muchas situaciones en las que el cuerpo se mueve verticalmente fuera del agua con el objetivo de lanzar a portería, bloquear un lanzamiento o pasar el balón^{52,132}. Para los porteros, los saltos verticales son aún más importantes, ya que tienen que realizarlos con frecuencia para salvar los lanzamientos de los atacantes⁴⁹. Este mismo concepto también se aplica a los otros jugadores del equipo, quienes tienen que saltar a un buen nivel por encima del agua para realizar un buen tiro o para interceptar un pase^{7,126}.

La técnica utilizada para generar fuerza y elevar el cuerpo fuera del agua es la mencionada *eggbeater kick*. Como se ha especificado anteriormente, aunque en este caso se aplica a elevar el cuerpo fuera del agua, se trata de un movimiento de trayectoria cíclica en direcciones opuestas que implica la acción de la pierna derecha e izquierda de forma simétrica y alternando las fases. Es una compleja combinación en la que intervienen las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo con diferentes grados de activación muscular¹³³. En esta acción se producen los movimientos de flexión y extensión de cadera y rodillas, aducción y abducción de cadera, así como la rotación interna y externa de esta articulación¹³². Este mismo autor distingue dos habilidades, la conocida como *boosts*, cuando se eleva el cuerpo fuera del agua de forma explosiva para conseguir la máxima altura, o la llamada *hold*, cuando se pretende mantener una posición elevada del cuerpo fuera del agua. Aunque ambas técnicas son utilizadas durante el partido, los estudios publicados solo han valorado la máxima altura de salto, y no la capacidad de mantener lo más alto posible el cuerpo fuera del agua.

En la bibliografía científica el salto vertical ha sido estudiado en diferentes orientaciones. Distintos autores han analizado la validez y fiabilidad del salto vertical en el agua^{66,87,134}. En esta dirección, Platanou¹³⁴, propone un test válido y fiable con el que evaluar la capacidad del jugador de waterpolo para mover su cuerpo verticalmente fuera del agua.

Se ha demostrado que el rendimiento del salto en el agua depende más de la habilidad técnica que de la potencia explosiva de las piernas^{52,132}. Concretamente, se determinaron correlaciones en la velocidad de movimiento del pie, el ángulo inicial del tronco y la amplitud de la extensión de la rodilla con el rendimiento en el salto¹³². Solé⁸⁶ analizó mediante fotometría la altura alcanzada en el agua a través un salto vertical en jugadores de división de honor de la liga española. Para su determinación, se valoró la máxima distancia entre la superficie del agua y la apófisis mentoniana de los jugadores. Experiencias descritas similares a estas determinaron el alcance vertical de forma absoluta basándose en la distancia desde la superficie del agua a la máxima altura conseguida con la mano al tablero o lamas^{52,53,59,68,74,88,134}. Otros de los sistemas utilizados para evaluar el salto ha sido mediante el *Teknotrain*⁵¹. Este dispositivo contiene 4 fotocélulas en posición vertical separadas a 0,2 metros entre ellas, la primera de ellas situada a 0,3 metros de la superficie del agua. Al pasar el borde de la cabeza se activa el circuito temporal y después se cierra cuando vuelve a pasar. Los resultados del estudio indicaron altos valores de fiabilidad en el salto vertical mediante esta herramienta de evaluación. Entre los estudios existentes, destacamos la investigación realizada por Uljevic⁶⁶ en la que introducen nuevas propuestas en sus investigaciones: salto vertical estándar, salto en posición inicial semi-lateral

(un patrón de movimiento muy característico en acciones defensivas cuando un atleta trata de alcanzar el pase del balón) y salto empezando con los dos brazos delante del cuerpo, lo que le obliga a utilizar la fuerza de las piernas y la espalda (característico en momentos en que se deben realizar movimientos explosivos sin previa preparación). De esta manera, aportan mayor especificidad a las diferentes situaciones de salto que se dan en el juego. Stirn⁸⁸ evalúa el salto con ambos brazos hacia arriba, ejecutando tanto una acción alternativa como simultánea en la acción de piernas. Según Sanders¹³², durante la realización del salto vertical desde posición básica, los jugadores primeramente realizan una rápida y alternativa acción de piernas, seguida de una acción final de piernas simultánea.

En el transcurso del partido, el salto debe efectuarse un elevado número de veces. En esta dirección, se ha diseñado una propuesta con el objetivo de evaluar la capacidad de repetir saltos en el agua. Concretamente, el test consiste en tocar el travesaño de la portería (0,90 m) con ambas manos, tantas veces como sea posible durante 30 s^{69,135,136} o contabilizando el tiempo para realizar 10 saltos consecutivos¹³⁷. Aunque se han detectado mejoras significativas en el número de saltos a lo largo del año, la fiabilidad del test ha sido cuestionada y se la ha considerado una herramienta poco fiable y no recomendada por los entrenadores a la hora de monitorizar los cambios en el rendimiento¹³⁶. Además, mediante ese procedimiento, los jugadores más altos y ligeros son capaces de conseguir llegar al travesaño más fácilmente¹³⁵.

El salto también ha sido evaluado de forma relativa. En este caso se mide la distancia entre la superficie del agua y la máxima altura conseguida con la mano en el tablero, restando la longitud del brazo^{52,74,87,134}.

La mayoría de artículos encontrados en la bibliografía especializada que han investigado sobre el salto vertical se han centrado principalmente en medir el máximo alcance vertical de forma absoluta o relativa, utilizando tablas de medidas, lamas, cámaras o dispositivos electrónicos^{35,59,66,68,74,77,88,132,134}. Además, se ha evaluado la capacidad de repetir saltos, de la que se ha cuestionado su fiabilidad^{69,135-137}. Así y todo, no se ha encontrado ningún test en el que evalúen la capacidad de mantener el cuerpo verticalmente fuera del agua lo más arriba posible, en el que se simule de forma específica la situación defensiva para cubrir la portería y/o bloquear un posible lanzamiento ante el jugador ofensivo con balón.

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Sáez Sáez et al.,	2014	Comparar el trabajo de fuerza realizado en seco con el trabajo de fuerza en el medio acuático	M	n = 19 n = 10 G. Ent.S n = 9 G. Ent.A	18,5 ± 2,3 19,7 ± 5,4	Alto nivel	Tabla de medida Cámara	<p>Salto vertical: Los sujetos debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros.</p> <p>Realizan un salto sacando el cuerpo fuera del agua y deben tocar el tablero con una mano.</p> <p>Realizaron 3 intentos.</p>	<p>GS: Pre: 47,3 ± 6,9 cm GS: Post: 48,6 ± 7,1 cm</p> <p>GW: Pre: 45,7 ± 3,8 cm GW: Post: 49,8 ± 4,8 cm</p>
Ramos et al.,	2014	Examinar los efectos de 16 semanas de entrenamiento de la fuerza y potencia en las extremidades inferiores sobre el rendimiento del waterpolo y la fuerza muscular	F	n = 21 n = 11 G. Ent n = 10 G.Cont.	26,4 ± 4,3	Alto nivel	Tabla de medida Cámara	<p>Salto vertical: Los sujetos desde posición de flotación debían saltar lo más arriba posible. Con la cámara se congeló la imagen en el punto más alto de la mano en la tabla para la realización del cálculo.</p>	<p>G. Ent: Pre: 38,41 ± 4,52 cm G. Ent: Post: 43,02 ± 3,21 cm</p> <p>G. Con: Pre: 37,22 ± 5,41 cm G. Con: Post: 38,11 ± 2,92 cm</p>
Stirn et al.,	2014	Examinar diferentes tipos de test de fuerza de piernas. Examinar diferencias y correlaciones entre los diferentes test	M	n = 28	14-16	Alto nivel (U 16 España)	Tabla de medida Cámara	<p>JBP: salto desde la posición básica</p> <p>JVPa: salto desde posición vertical.</p> <p>JVP: salto vertical con acción de piernas simultanea</p>	<p>JBP: 1,38 ± 0,07 m JBP relativo: 0,57 ± 0,06 m JBP bf (flotabilidad): 1,13 ± 0,12 m JVPa: 1,09 ± 0,06 m JVPa relativo: 0,272 ± 0,05 m JVPa bf (flotabilidad): 0,833 ± 0,11 m</p> <p>JVPs: 1,08 ± 0,06 m JVPs relativo: 0,264 ± 0,07 m JVPs bf (flotabilidad): 0,833 ± 0,12 m</p>
Uljevic et al.,	2014	Determinar la fiabilidad y validación de test específicos aislados y combinados	M	n = 54 Grupo 1 9 E. Nacional 14 No E. Nacional Grupo 2 10 E. Nacional 19 No E. Nacional	15-16 años 17-18 años	Nivel nacional No pertenecientes en equipo nacional	Tabla de medida	<p>Salto vertical: Los sujetos debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros.</p> <p>Realizan un salto sacando y deben tocar el tablero con una mano.</p> <p>Realizaron 3 intentos</p>	<p>Grupo 1: (15-16 años) 9 equipo nacional: 138,37 ± 10,16 cm 14 no equipo nacional: 130,84 ± 10,54 cm</p> <p>Grupo 2: (17-18 años) 10 equipo nacional: 143,96 ± 13,11 cm 19 no equipo nacional: 143,53 ± 9,88 cm</p>

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Uljevic et al.,	2014	<p>Construcción y evaluación de métodos para evaluar la condición física.</p> <p>Determinar si los test combinando capacidades son más aplicables que los test simples.</p> <p>Comparación de los test entre niveles</p>	M	n = 54	<p>Grupo 1 15-16</p> <p>Grupo 2 17-18</p>	<p>Alto nivel (liga croata)</p> <p>Seleccionados</p> <p>No seleccionados</p>	<p>Tabla de medida</p> <p>Cámara</p>	<p>Salto vertical: Los sujetos debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros. Realizan un salto sacando deben tocar el tablero con una mano.</p> <p>Realizaron 3 intentos.</p> <p>Salto con nado previo: 20 m nado + Salto vertical</p>	<p>17-18 años Jugadores seleccionados 143,96 ± 13,11 cm (Salto) 130,18 ± 13,11 cm (Salto con fatiga) Jugadores no seleccionados 143,53 ± 9,88 cm (Salto) 128,85 ± 9,98 cm (Salto con fatiga)</p> <p>15-16 años Jugadores seleccionados 138,37 ± 10,16 cm (Salto) 118,59 ± 9,09 cm (Salto con fatiga) Jugadores no seleccionados 130,84 ± 10,54 cm (Salto) 114,01 ± 10,16 cm (Salto con fatiga)</p>
Uljevic et al.,	2013	<p>Estudiar la fiabilidad y validez de diferentes test específicos</p> <p>Determinar diferencias entre posiciones</p>	M	n = 54	15 - 17	Experimentados	<p>Tabla de medida.</p> <p>Cámara.</p>	<p>Test 1. Standard T: salto vertical partiendo desde la posición básica defensiva.</p> <p>Test 2. Semilat T: desde posición semi-lateral realizar un salto vertical buscando la máxima altura.</p> <p>Test 3: Quick T: Salto vertical empezando con los brazos delante del cuerpo.</p>	<p>Test 1: 141,4 ± 17,34 cm</p> <p>Test 2: 139,8 ± 15,02 cm</p> <p>Test 3: 132,0 ± 14,10 cm</p>
Gobbi et al.,	2013	<p>Investigar la estructura multifactorial del salto vertical en el agua</p> <p>Comparar entre expertos e inexpertos.</p> <p>Relación entre potencia, velocidad y variabilidad temporal.</p>	NE	<p>N = 30</p> <p>N = 15 expertos</p> <p>N = 15 inexpertos</p>	<p>25,1 ± 2,3</p> <p>18,2 ± 0,7</p>	<p>Expertos</p> <p>Inexpertos</p>	<p>Teknotrain3</p>	<p>Salto vertical: Desde la posición de flotación y saltar a hasta la máxima altura posible. No podían elevar los brazos en la realización del salto.</p> <p>De los 3 intentos se utilizó el mejor salto para el análisis</p>	<p>Expertos: 99,5 cm</p> <p>Inexpertos: 90.5 cm</p>
Kondric et al.,	2012	<p>Investigar el estado y las diferencias entre 5 posiciones de juego en las medidas antropométricas y en algunos test específicos.</p>	NE	n = 110	17 y 18	Alto nivel	NE	<p>Salto vertical: El salto se realiza desde posición vertical y el sujeto eleva el cuerpo rápidamente del agua elevando el brazo lo más alto posible</p>	<p>Points: 148,3 ± 7,14 cm centers: 143,73 ± 5,81 cm Porteros: 144,05 ± 6,48 cm Alas: 143,84 ± 5,22 cm Drivers: 142,45 ± 5,34 cm</p> <p>Media: 145,24 cm</p>

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Platanou et al.,	2011	Determinar características antropométricas fisiológicas y técnicas y examinar la relación entre estas características con la velocidad de lanzamiento y el salto	F	n = 33	21,7 ± 5,4	Alto nivel (Liga Griega)	Tablero de medida y cámara	Salto vertical: Los sujetos debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros. Realizan un salto y deben tocar el tablero con una mano.	61,65 ± 3,68 cm
McCluskey et al.,	2010	Determinar relaciones entre velocidad de lanzamiento y altura de salto.	F	n = 22	20,41 ± 6,1	Alto nivel	Yardstick	Salto vertical: Desde una posición inicial (propia elección) debían saltar lo más arriba posible con la mano.	135,1 ± 4,03 cm
Bampouras et al.,	2009	Comparar 2 test específicos anaeróbicos con el test de Wingate.	F	n = 13	22,0 ± 4,4	Equipo Nacional	Travesaño portería	Salto vertical continuo: Desde la posición de flotación deben saltar repetidamente (30 seg) tocando con ambas manos el travesaño de la portería. Deben intentar realizar el máximo número de saltos durante los 30 segundos	21,8 ± 2,5 saltos
Frankie et al.,	2009	Investigar las características antropométricas y físicas en jugadoras de waterpolo. Examinar las diferencias entre jugadores de diferente nivel y posición de juego.	F	n = 26	20,8 ± 4,7 23,3 ± 2,9	Jugadores liga nacional (Australia) Jugadores equipo nacional (Australia)	Yardstick	Salto vertical: Desde debajo del dispositivo sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros. Realizan un salto sacando el cuerpo fuera del agua y deben tocar las láminas con la mano.	Liga Nacional: 129,7 ± 4,6 cm Selección Nacional: 139,0 ± 7,0 cm
Solé, J	2009	Determinar la máxima altura de salto	M	n = 12	24 ± 9,59	Alto nivel (selección Española)	Sistema de fotometría	Salto vertical: Los sujetos con la apófisis mentoniana en contacto con la superficie del agua saltaron libremente con la mano hábil. Se contabilizaba la distancia entre la superficie del agua y la máxima altura de la apófisis mentoniana. Cada sujeto realizaba 3 intentos.	Media: 81,5 cm Porteros: 87,5 cm Arcos: 83 cm Defensores de boya: 79 cm Boyas: 78 cm
Donev, Y.	2009	Organizar e implementar la preparación en jugadores de waterpolo de Siria con 2 macrociclos al año	M	n = 30 15 chicos grupo experimental 15 chicos grupo control	13-14 años	Jugadores de club	Travesaño portería	Salto vertical: El sujeto se coloca justo debajo de la portería. Debe de realizar 10 saltos tocando el travesaño con ambas manos. Se contabiliza el tiempo desde la señal hasta el último toque.	N/A

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Baramenti et al.,	2008	Determinar características fisiológicas, antropométricas y técnicas de las jugadoras de la categoría sénior difieren de las de júnior.	F	n = 26 13 Sénior 13 Júnior	26,3 ± 1,4 17 ± 1,2	Equipo nacional	Tabla de medida Cámara	Salto vertical: Los sujetos se colocan debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros. Realizan salto sacando el cuerpo fuera del agua y deben tocar el tablero con una mano.	Senior: 62,0 ± 2,7 cm Junior: 59,3 ± 3,0 cm Total: 60,6 ± 3,1 cm
Marrin et al.,	2008	Obtener las características fisiológicas y antropométricas en jugadoras Monitorizar los cambios durante un año de entrenamiento.	F	n = 14 (solo 6 realizaron todo)	22 ± 4,4	Equipo Nacional Escocia	30 CJ: saltos continuos durante 30 seg. 30 segundos de saltos tocando el travesaño	Salto vertical continuo (30 seg): Desde la posición de flotación y deben saltar repetidamente tocando con ambas manos el travesaño de la portería. Deben intentar realizar el máximo número de saltos durante los 30 segundos	Salto T1: 21 ± 3 T2: 23 ± 2,6 T4: 24,3 ± 2,4
Platanou, T.	2006	Desarrollar un test válido y fiable de altura de salto en el agua.	M	n = 17	22,9 ± 2,1	Alto nivel (Liga Griega)	2 D análisis: Biokin 2D análisis cinemático Tabla de medida Cámara filmación	Análisis 2D: medir el desplazamiento de la cabeza desde la superficie del agua al punto más elevado conseguido test de salto: Desde debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros. Realizan un salto y deben tocar el tablero con una mano Realizaron 3 intentos.	2 D análisis: 65,3 ± 5,9 cm Test de campo específico 1 intento: 67,6 ± 6 cm 1 intento: 67,5 ± 5,7 cm 1 intento: 67,4 ± 5,6 cm Media: 68,6 ± 5,4 cm Media salto mano extendida: 148,0 ± 6,8 cm

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Sáez Sáez et al.,	2006	Investigar la relación entre las medidas de fuerza máxima, potencia y velocidad con los test de salto vertical.	M	n = 12	26,41 ± 5,50	Alto nivel (selección Costa Rica)	Tabla de medida	<p>Salto vertical:</p> <p>Desde posición neutral frente al tablero Inicialmente se mide el alcance del brazo estirado. Realizar salto solamente ayudándose de la acción de su patada y se marca en el tablero la altura de este. Se mide la distancia entre el brazo extendido y la altura de salto. 3 intentos con 10 seg. de descanso entre ellos.</p>	N/A
Platanou T.	2005	<p>Evaluar la capacidad de mover verticalmente el cuerpo fuera del agua. Determinar la capacidad de generar fuerza explosiva de las extremidades inferiores mediante el salto vertical</p> <p>Establecer relaciones entre el salto vertical realizado en el agua con el del suelo.</p>	M	<p>n = 43</p> <p>n = 22 Alto nivel</p> <p>n = 21 bajo nivel</p>	<p>22,7 ± 3,3</p> <p>22,9 ± 3,6</p>	<p>22 Nivel alto</p> <p>21 Nivel bajo</p>	<p>Tabla de medida</p> <p>Cámara</p>	<p>Salto vertical:</p> <p>Los sujetos se colocan debajo del tablero sumergido con el agua cubriendo hasta la altura de los hombros.</p> <p>Realizan un salto sacando el cuerpo fuera del agua y deben tocar el tablero con una mano. Realizaron 3 intentos.</p>	<p>Media mejor salto: 68,3 ± 4,6 cm</p> <p>Alto nivel: 70,4 ± 4,2 cm Bajo nivel = 66,2 ± 4,1 cm</p> <p>Boyas: 65,8 ± 4,2 cm Defensores de boya = 69,1 ± 3,4 cm Periferia: 67,3 ± 3,9 cm Porteros: 73,1 ± 5,6 cm</p>
Bareket et al.,	2004	<p>Identificar habilidades variables de nado, dominio del balón, capacidades físicas y la inteligencia en el juego que podrían ayudar en la selección de talentos. Observar la evolución de estos test a lo largo de 2 años</p>	M	n = 24	12 a 14	<p>Grupo Selección equipo nacional</p> <p>Grupo no seleccionado</p>	Artilugio de Láminas	<p>Salto vertical:</p> <p>Saltar verticalmente lo más alto posible. Tocar el máximo número de varillas. Se anotó el mejor de 3 intentos.</p>	<p>Jugadores seleccionados 1,29 ± 0,11 m</p> <p>Jugadores no seleccionados 1,30 ± 0,06 m</p>
Sanders, R.	1999	Investigar las variables cinemáticas que contribuyen a la altura de salto	M	n = 16	12 a los 29	<p>Expertos</p> <p>No expertos</p>	<p>Cámara</p> <p>Análisis en 3D</p>	<p>Salto vertical:</p> <p>3 intentos buscando la máxima altura con la mano. Se utilizó el mejor de los saltos para el análisis</p>	Rango de: 0,50 a 0,90 m (0,71 m)

Tabla 12. Resumen de los test específicos de la fuerza de salto. **S** = sexo; **N** = número de sujetos; **F** = femenino; **M** = Masculino; **NE** = no especificado; **G. Exp** = grupo experimental; **G. cont** = grupo control; **T1** = técnica 1; **T2** = técnica 2.

3.2.4. Test de velocidad de lanzamiento

Tal y como hemos podido ver, el waterpolo es un deporte que precisa de una gran cantidad de habilidades. Seguramente una de las más decisivas es el lanzamiento a portería, por ser la única mediante la cual el jugador trata de marcar el gol^{29,83}. Concretamente, el lanzamiento por encima de la cabeza es el que se produce con mayor frecuencia, realizado en un noventa por ciento de las veces⁷².

Aunque se parezca a lanzamientos realizados en otros deportes, como puede ser béisbol, tiene sus particularidades propias. Puesto que se realiza en el medio acuático, el movimiento viene dificultado por el hecho de no disponer de una superficie rígida o firme en la cual empujarse. Además, su grado de dificultad se incrementa al no permitir el reglamento que se contacte con el balón más que con una mano; por lo tanto, el balón deberá ser controlado con una sola mano a lo largo del lanzamiento¹³⁸. La mayoría de lanzamientos por encima de la cabeza se realizan llevando el balón desde la parte de trasera y pasando por encima de la cabeza para ser liberado en la parte frontal del cuerpo con el objetivo de lograr una alta velocidad de lanzamiento⁸³. El lanzamiento se inicia con el balón sujetado con la mano de lanzamiento. Seguidamente, el brazo se eleva por encima del agua al mismo tiempo que el tronco rota hacia al mismo lado, alejándose de la portería. La elevación del cuerpo fuera el agua durante el lanzamiento es realizado por una acción explosiva de las extremidades inferiores. Al final de la rotación de la espalda, las caderas, hombros y mano empiezan a moverse hacia delante, mientras el brazo contrario se mueve para ayudar en la estabilización. En la parte central

de la rotación hacia adelante, la cadera completa su rotación. En este punto se alcanza el pico de velocidad de la rotación de hombro y el brazo es rotado externamente con el codo flexionado. Las extremidades superiores también se mueven hacia delante transfiriendo una ayuda adicional al movimiento. En el lanzamiento, el codo se extiende y la muñeca se flexiona, y el balón abandona la palma de la mano. El brazo opuesto es llevado hacia al lado para incrementar la rotación del hombro^{139,140}.

La combinación de una alta velocidad en el lanzamiento junto con una buena precisión van a dificultar que el balón sea interceptado tanto por los defensores como por los porteros, y es decisivo en el resultado final^{79,141}. Los factores de que depende la velocidad del lanzamiento son la fuerza muscular, la técnica y la adecuada sincronización de los diferentes segmentos corporales¹⁴¹. Desde el punto de vista biomecánico, la máxima velocidad de lanzamiento lineal dependerá de la resistencia del aire, la velocidad de liberación y la masa del balón. La velocidad de liberación, asimismo, estará influida por la altura del lanzamiento (altura jugador, altura del salto y longitud y posición del brazo), del ángulo de lanzamiento y la velocidad de salida (velocidad angular y longitud de palanca)⁸³.

En la bibliografía científica el lanzamiento se ha analizado desde diferentes puntos de vista. La mayoría de investigaciones se han centrado en el análisis biomecánico del lanzamiento^{81,142-145}, la máxima velocidad de lanzamiento desde el punto de penalti, con o sin portero^{73,75,82,146}, o con una red en la portería o combinando este con la presencia de portero¹⁴⁷.

Otros estudios se han centrado en la velocidad de lanzamiento en competición^{44,148}. En este caso, analizaron la velocidad y la zona de lanzamiento efectuados durante el partido, además de comparar la velocidad de lanzamiento entre ambos géneros. Finalmente, se han comparado las velocidades obtenidas en competición con las de entrenamiento¹⁴⁸.

También han sido de gran interés los estudios orientados a relacionar las características antropométricas de los jugadores con la velocidad de lanzamiento, con y sin presencia de portero⁸². Concluyeron que las mayores velocidades se obtienen en el lanzamiento sin portero, mientras que en el caso del lanzamiento con portero las velocidades descienden. También confirmaron que el tamaño corporal es un factor importante en el rendimiento del waterpolo.

La velocidad de lanzamiento y su relación con la posición específica en el campo, no determinaron correlaciones significativas⁷⁵. Aun así, se observó entre las posiciones de juego que los defensores de boya tendían a obtener mayores velocidades de lanzamiento sin presencia de portero, mientras que los boyas lo hacían con presencia de este. Contrariamente, Melchiorri¹⁴⁹ determinaron diferencias significativas entre el guardameta y los jugadores de campo. Además, observaron que de los jugadores de campo, los exteriores o alas, lanzaban un 3,5 % más veloz que las otras posiciones. Finalmente, comprobaron que los boyas obtenían velocidades inferiores que defensores de boyas y exteriores.

Por último, se han investigado los efectos de la fatiga sobre el lanzamiento. Se mostraron diferencias significativas entre la velocidad de lanzamiento con y sin desplazamiento previo ante una situación de precisión y se descubrió que las

velocidades eran mayores cuando se realizaba el lanzamiento desde parado¹⁵⁰.

Por lo demás, no se vio afectada la eficacia entre ambas situaciones.

Para concluir, observamos que, por un lado, los estudios publicados se interesan en evaluar la máxima velocidad de lanzamiento sin precisión^{73,78,79,149,151,152} y, en un caso, utilizando distintas técnicas de lanzamiento⁶⁶. Por otro lado, algunas investigaciones distintas realizan los lanzamientos de precisión para simular específicamente la situación del juego, mediante tapiz o red con huecos^{76,87,150,153}; o con la presencia de portero o defensa, o ambos, sin precisión y con precisión en el mismo estudio^{75,82,83,146,147}.

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	N	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Sáez Sáez et al.	2014	Comparar el trabajo en seco con el trabajo en el agua.	M	n = 19 n = 10 G. Ent.S n = 9 G. Ent.A	18,5 ± 2,3 19,7 ± 5,4	Alto nivel	Radar Velocidad	Máx. vel. lanzamiento: Utilizar la técnica libre desde 5m Conseguir 3 lanzamiento válidos. Máx. lanzaron 3 series de 3 lanzamientos	G. Ent.S: Pre: 60,2 ± 3,6 km/h G. Ent.S: Post: 61,1 ± 3,4 Km/h G. Ent.A: Pre: 58,3 ± 3,6 km/h G. Ent.A: Post: 59,7 ± 3,7 Km/h
Ramos et al.	2014	Examinar los efectos de 16 semanas de entrenamiento de la fuerza y potencia en las extremidades inferiores sobre el rendimiento del waterpolo y la fuerza muscular	F	n = 21 n = 11 G. Ent n = 10 G.Cont.	26,4 ± 4,3	Alto nivel	Radar Velocidad	Máx. vel. lanzamiento: Utilizar la técnica libre desde 5m Conseguir 3 lanzamiento válidos. Máx. lanzaron 3 series de 3 lanzamientos	Grupo entrenamiento: Pre: 50,11 ± 1,04 km/h Grupo entrenamiento: Post: 53,55 ± 1,11 Km/h Grupo control: Pre: 48,01 ± 1,04 km/h Grupo control: Post: 49,17 ± 2,15 Km/h
Freeston et al.	2014	Determinar la velocidad de lanzamiento. Examinar la fiabilidad de los test.	F	n = 10	24,9 ± 0,9	Alto nivel	Radar Velocidad Cámara filmación	Máx. vel. lanzamiento: Lanzamiento libre desde 5 m. Realizaron 3 lanzamientos. Lanzamiento con precisión: 15 lanzamientos sin portero, con 5 lanzamientos en cada uno de los 3 huecos 10 lanzamientos más con portera 5 lanzamientos en cada uno de los huecos 3-5 seg. Rec entre lanzamientos 20-30 segundos entre series.	Máx. vel: 16,6 m/s = 59,76 km/h. Test de lanzamiento con precisión: Lanzamientos sin portero buscando precisión: 90,1 % de la máxima velocidad (53,78 km/h). Lanzamientos con portero buscando precisión: 88,1 % de la máxima velocidad (52,63 km/h).
Veliz et al.	2014	Examinar los efectos de 18 y e alta intensidad.	M		20,43 ± 5,0	Alto nivel	Radar	Lanzar a la esquina derecha superior. 3 series de 3 lanzamientos máximo. y 2 min entre series.	Velocidad: Pre: 64 ± 6,7 km/h Grupo control Velocidad: Post: 63,36 ± 3,5 km/h
Uljevic et al.	2014	Determinar la fiabilidad, validación y aplicabilidad de test específicos aislados y combinados en las capacidades condicionales	M	n = 54 9 Alto nivel 14 No profesional 10 Alto nivel 19 No profesional	G 1: 15-16 G 2: 17-18	Alto nivel No profesionales	Radar Velocidad	Lanzamiento directo pasando el balón por un recuadro (60 cm x 60 cm) en la portería. de (60 cm x 60 cm) ubicado en la portería.	Grupo 1: (15-16 años) 9 equipo nacional: 68,86 ± 5,61 km/h 14 no equipo nacional: 64,02 ± 5,43 km/h Grupo 2: (17-18 años) 10 equipo nacional: 71,67 ± 3,27 km/h 19 no equipo nacional: 68,00 ± 4,28 km/h

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	n	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Uljevic et al.	2013	Estudiar la fiabilidad y la validez de 10 test específicos. Investigar si se establecen diferencias en las variables estudiadas entre las posiciones.	M	n = 54	15 - 17 5 Boyas 11 Centrales 38 Otras posiciones	Experimentados	Radar Velocidad	Se realizaron 3 test distintos: Drive-S: lanzamiento directo 2 Fekes-S: lanzamiento 2 fintas previas. Pass-s: lanzamiento después de recibir el pase. Realizaron 3 intentos en cada tipo de lanzamiento.	Drive-S: 67,11 ± 5,3 km/h 2 Fekes-S: 65,85 ± 5,7 km/h Pass-s: 64,17 ± 5,5 km/h Drive-S / 2 Fakes-S / Pass-S Boyas: 67,40 ± 6,6 / 64,0 ± 5,6 / 67,2 ± 6,1 km/h Centrales: 68,18 ± 3,8 / 65,82 ± 3,6 / 68,2 ± 4,0 km/h Otras pos.: 66,76 ± 5,6 / 63,7 ± 6,0 / 64,9 ± 5,98 km/h
Ferragut et al.	2011	Determinar las características físicas por posiciones Evaluar la velocidad de lanzamiento en diferentes situaciones y por posiciones. Relación entre velocidad y las características antropométricas.	M	n = 19 9 Exteriores 5 Def.Boya 5 Boyas	24± 5,1	Alto nivel	Radar Velocidad	3 series de 2 lanzamientos a máxima velocidad con 3 min. Rec 1- Lanzamiento desde la línea de penalti sin portero. 2- Lanzamiento desde la línea de penalti con portero. 3- Lanzamiento desde la línea de penalti con desplazamiento previo.	Laterales: Sin portero: 73 ± 4,61 km/h Con portero: 71,89 ± 3,29 km/h Nado previo: 73,22 ± 3,73 km/h. Defensas de boya: Sin portero: 76 ± 4,79 km/h Con portero: 72,20 ± 5,31 km/h Con nado previo: 72,80 ± 3,63 km/h. Boyas: Sin portero: 73,40 ± 1,14 km/h Con portero: 73,20 ± 1,92 km/h Nado previo: 73,20 ± 1,79 km/h. Total: Sin portero: 73,89 ± 4,07 km/h Con portero: 72,31 ± 3,50 km/h Con nado previo: 73,10 ± 3,14 km/h
Ferragut et al.	2011	Desarrollar un perfil antropométrico. identificar relaciones entre las características antropométricas con la velocidad de lanzamiento.	M	n = 13	26,1 ± 4,8	Alto nivel	Radar Velocidad	2 lanzamiento a la máxima velocidad desde 5 m sin portero. 2 lanzamientos a la máxima velocidad desde 5 m con portero. 2 lanzamientos desde 5m con nado previo y con la presencia de portero.	Lanzamiento sin portero: 20,53 ± 1,19 m-s (73,91 km/h) Lanzamiento con portero: 20,25 ± 0,92 m/s (72,9 km/h) Lanzamiento con desplazamiento previo: 20,34 ± 0,7 m/s (73,22 km/h)
Alcaraz et al.	2011	Definir características antropométricas de los jugadores. Determinar fuerza isométrica máx. de agarre Determinar las velocidades en	F	n = 10	23,5 ± 2,1	Alto nivel	Radar Velocidad	2 lanz. máx. vel. 5 m sin portero. 2 lanz. máx. vel. 5 m con portero. previo y con portero. Rec: 30 seg. 2-3 min entre series 232 lanzamientos en 7 partidos	56,5 km/h 55,4 km/h Máx. Vel zona 2: 56,8 km/h Máx. Vel. zona 3: 68 km/h

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	N	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Platanou et al.	2011	Determinar las características antropométricas, fisiológicas y técnicas Examinar relación con la velocidad de lanzamiento.	F	n = 33	21,7 ± 5,4	Alto nivel (Grecia)	Radar Velocidad	Máx. vel. lanzamiento	55,9 km/h.
Melchiorri et al.	2011	Estudiar la cinemática y la velocidad de lanzamiento considerando la posición de juego y la presencia de dolor en el hombro.	M	n = 53	23,8 ± 3	Alto nivel (Italia)	Cámara alta velocidad	5 lanzamientos desde 5 m sin portero. Recuperando 5 min entre lanzamientos. La técnica de lanzamiento era libre.	Boyas: 24,3 ± 1,4 ms/s (87,43 km/h). Jugadores de campo: 25,3 ± 2,3 m/s (91,08 km/h). Defensores de boya: 24,6 ± 1,3 m/s (88,56 km/h). Porteros: 21,7 ± 0,3 m/s (78,12 km/h). Lesionados: 23,9 ± 1,7 m/s (86,04 km/h). No lesionados: 24,6 ± 2,2 m/s (88,56 km/h). Total: 24,1 ± 1,5 m/s (86,76 km/h).
Stevens et al.	2010	Investigar los efectos de Investigar los efectos de la capacidad de repetir esprints en la velocidad y posición de lanzamiento	F	n = 11	18,91 ± 1,0	Universitario	Radar Velocidad	10 lanzamientos con precisión desde 5 m siguiendo un orden preestablecido. 10 tiros con precisión con nado previo. 35 seg. Rec. entre rep.	41,86 km/h. 40,36 km/h.
Krueger et al.	2010	Correlación entre la fuerza dinámica máx. de la extremidad inferior y superior con la velocidad de lanzamiento.	M	n = 15	16,4 ± 3,0	Alto nivel	Radar Velocidad	3 tiros a la máx. vel. desde los 5 m.	68,5 ± 4,8 km/h.
McCluskey et al.	2010	Determinar si existen relaciones entre velocidad de lanzamiento y altura de salto.	F	n = 22	20,41 ± 6,1	Equipo nacional Alto nivel	Cámara Radar Velocidad	6 Lanz. máx. vel. desde 6 m.	55,08 km/h.
Vila et al.	2009	Establecer la importancia de los factores antropométricos con la velocidad de lanzamiento. sobre la precisión en el lanzamiento, la velocidad y eficacia	M	n = 22	24,77 ± 5,6	Alto nivel (Júniors)	Radar Velocidad Velocidad	2 Lanz. Máx. Vel desde 5 m sin portero 2 Lanz. Máx. Vel desde 5 m con portero 2 Lanzamiento con nado previo en cada una de las esquinas de la portería Los lanzamientos fueron realizados después de un circuito para fatigar a los jugadores.	73,89 ± 4,07 km/h. 72,31 ± 3,50 km/h. 73,10 ± 3,14 km/h. 56 y 57 km/h.

AUTOR	AÑO	OBJETIVO	S	N	EDAD (años)	NIVEL	MÉTODO	PROTOCOLO	RESULTADOS
Van der Wende, k.	2005	Examinar los efectos del lanzamiento en distintas situaciones de juego sobre la precisión y velocidad de lanzamiento. Determinar si la presencia de portero y defensa altera aspectos técnicos del lanzamiento	M	n = 10	20,8 ± 2,3	Nivel nacional	Radar Velocidad	40 Lanz. en 4 situaciones distintas. 10 Lanz. en cada situación presentada desde 4 m de la portería. Rec. 20 seg. y 3 min entre situaciones. Las situaciones de lanzamiento: 1. Sin portero y defensor. 2. 1 defensor. 3. Con portero. 4. Con 1 defensor y portero.	Vel. lanz. sin portero y defensor: 65,95 km/h Vel. lanz. con 1 defensor: 65,05 km/h. Vel. lanz con portero: (65,95 km/h). Vel. lanz con 1 defensor y portero: 64,55 km/h. Vel. medias: 65,52 km/h
Solé,J.	2005	Determinar la máxima velocidad de lanzamiento	M	N = 12	24 ± 9,59	Alto nivel (Selección Española)	Radar Velocidad	Máxima velocidad de lanzamiento Realizaron 3 lanzamientos sin portero	Media: 92,9 Km/h Boyas: 99 km/h Defensas boyas: 89 km/h Jugadores de arco: 94 km/h Porteros: 87 km/h
Garcia, M.B	1992	La importancia de realizar o no, un trabajo de fuerza general ante la alternativa de trabajo específico de fuerza.	M	n = 15 Grupo A n = 5 Grupo B n = 5 Grupo C n = 5	NE	NE	Distancia lanzamiento	Lanzamiento desde el agua con balón reglamentario. El balón debía pasar entre medio de 2 corcheras separadas 5 m.	Dominadas / balón medicinal Grupo A: + 0,5 Grupo B: + 0,30 Grupo C: + 0,64

Tabla 13. Resumen de los test específicos de velocidad de lanzamiento. S = sexo; N = número de sujetos; F = femenino; M = Masculino; NE = no especificado; G. Exp = grupo experimental; G. cont = grupo control; N = newtons, kg = kilogramos; lbs = libras.

3.2.5. Test combinados

Los distintos test presentados hasta el momento se centran en evaluar las diferentes acciones de potencia, fuerza y velocidad de forma aislada (test de empuje, test de nado, test de salto, test de altura mantenida y test de velocidad de lanzamiento). Pero en el transcurso del partido las acciones de fuerza no se producen de forma aislada, sino que aparecen combinadas y alternadas de forma continua y/o intermitente. Parece razonable que el rendimiento evaluado mediante test aplicados de forma aislada y que evalúen una única manifestación (por ejemplo, lanzamientos, saltos, deslazamientos, etc) no terminen de representar y simular las situaciones reales del deporte en el waterpolo, teniendo una limitación en la «validación ecológica» (el grado de la prueba que simula la situación real)¹⁵⁴.

Las hipótesis de algunos autores se han orientado a determinar si la evaluación mediante test que combinen diferentes manifestaciones durante su desarrollo son más aplicables y permiten discriminar entre grupos cualitativos de jugadores, que evaluando estas manifestaciones de forma aislada⁸⁷. En esta investigación se realizaron 3 protocolos de test combinados: 1) 20 s de empuje de piernas resistido al 75 % de la máxima intensidad, más 20 m crol esprintando; 2) 20 m nado esprint y a continuación máximo salto vertical en el agua; 3) 20 m crol esprintando y, seguidamente, lanzamiento a portería a la máxima velocidad exigiendo precisión. Los resultados revelaron que ambos tipos de test dan medidas fiables y son aplicables para la determinación del estado físico. Pero los test que combinan las diferentes habilidades alternativamente y de forma continua reproducen mejor las capacidades reales del juego específicas del deporte. Se recomienda incorporar los test

combinados en los protocolos de evaluación para determinar el estado físico de los deportistas y monitorizar las adaptaciones del entrenamiento.

Para concluir esta parte teórica de valoración realizada en el medio acuático se han analizado un total de 45 estudios que tratan de las distintas manifestaciones de fuerza requeridas en el waterpolo. Agrupando los estudios en las principales manifestaciones de fuerza, se obtienen los siguientes porcentajes: un 9,0 % evalúan la fuerza de empuje, un 4,0 % la fuerza de nado, un 47,0 % la altura de salto y, finalmente, un 40,0 % la velocidad de lanzamiento.

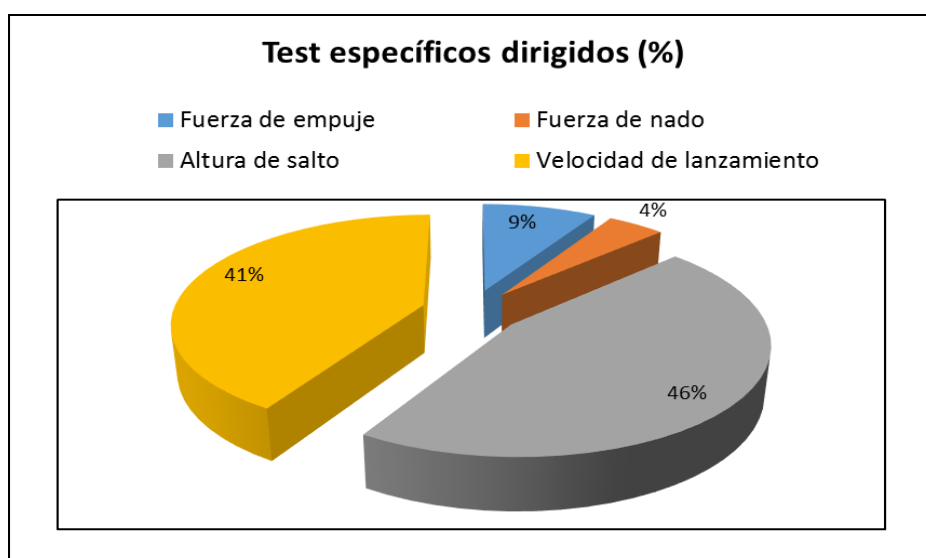


Gráfico 1. Cálculo en porcentaje de los diferentes tipos de test específicos dirigidos realizados en el medio acuático en jugadores de waterpolo.

En la valoración de la fuerza de empuje, tres estudios (75,0 %) evalúan la fuerza de empuje frontal y en un caso la fuerza de empuje de espaldas (25,0 %).

En el apartado de la fuerza o potencia de nado, solo se han encontrado dos estudios realizados en jugadores de waterpolo. En ambos casos pretendieron

analizar la existencia de diferencias en la fuerza de nado entre las posiciones de juego. Por la escasez de información, también se ha recurrido al ámbito de la natación para obtener y contrastar resultados.

La valoración de la altura de salto es una de las manifestaciones que ha despertado mayor interés, con un total de 21 estudios publicados. Un alto porcentaje de ellos (80,9 %, correspondiente a 17 estudios) han evaluado la máxima altura de salto alcanzada con la mano en una tabla de medida, sistema de lamas o con un sistema de filmación (cámara, 2D o fotometría). En uno de estos estudios (4,7 %) realizaron el salto vertical con desplazamiento previo de nado. La capacidad de repetir saltos continuos tocando el travesaño de la portería fueron publicados en 3 investigaciones (14,2 %), dos de ellos (9,5 %) contabilizando el número de saltos en un periodo de 30 segundos y en el otro (4,7 %), el tiempo en realizar 10 saltos consecutivos. Los restantes test cuantificaron el salto con dos manos mediante una tabla de medida, variando en este caso el tipo de pateo para la elevación del cuerpo, alternativo o simultaneo. Finalmente, un estudio (4,7 %) realizado con fotocélulas registró el paso de la cabeza para su cálculo, prohibiendo la elevación de las extremidades superiores durante la ejecución.

En relación a la velocidad de lanzamiento, agrupamos los estudios en tres grupos: los que evalúan la máxima velocidad de lanzamiento directo, los que evalúan la precisión y los que analizan ambas situaciones. En el primer caso, se han contabilizado siete estudios (38,8 %) en el que medían la máxima velocidad de lanzamiento a portería vacía. Uno de estos añadió en su batería el lanzamiento con dos fintas previas y lanzamiento después de recibir un pase.

En el segundo caso, se han contabilizado cinco estudios (27,7 %) en los que se les ha planteado una situación con exigencia de precisión mediante una red colocada en la portería, han comparado velocidades entre lanzamiento con precisión en red, portero, defensa o combinación de ellos. Finalmente, un tercer grupo de estudios (seis estudios, que equivalen al 33,0 %) han comparado las diferencias entre las velocidades obtenidas en situaciones de precisión con las de sin precisión.

Para terminar, del número total de investigaciones, un alto porcentaje, el 67,0 %, se han realizado en el grupo masculino, un 29,0 % en el grupo femenino y el 4,0 % no especificaron el género. Por lo que se refiere a la edad, una parte importante de las investigaciones (62,2 %) se ha interesado en sujetos con edades iguales o superiores a 18 años, siendo las edades inferiores menos investigadas (33,3 %), mientras que el 2,2 % utilizaron muestras de sujetos de ambos tipos de edades, y en otro 2,2 % no se especificaron.

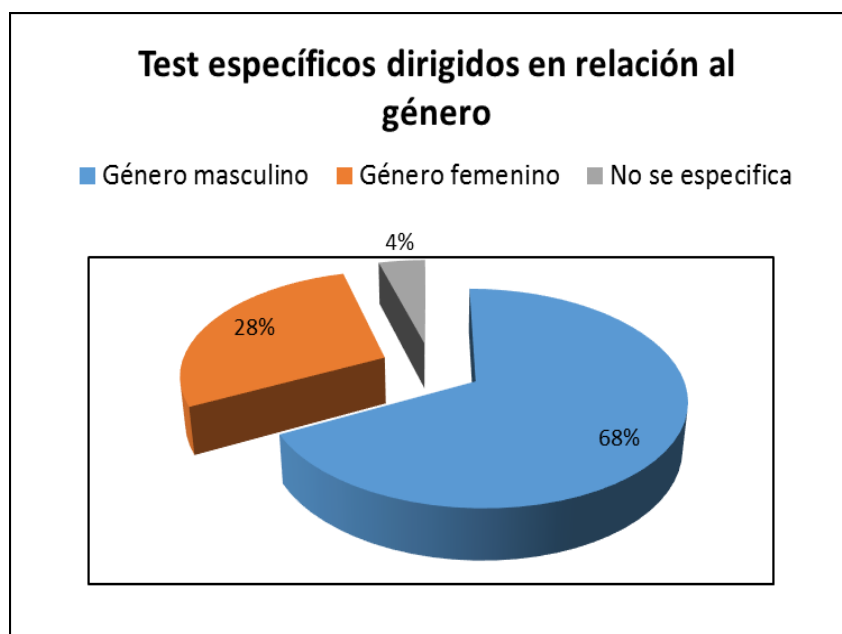


Gráfico 2. Cálculo en porcentaje de los test de fuerza específica en relación con el género.

4. Test genéricos y específicos generales vs test específicos dirigidos

El sistema neuromuscular es altamente demandado en las diferentes habilidades y movimientos que se producen durante el partido de waterpolo. Estas acciones, que requieren de una óptima combinación de fuerza y velocidad, son generadas numerosas veces en el transcurso del partido, siendo la capacidad del sistema neuromuscular para producir altos niveles de potencia mecánica determinante para resolver con eficacia estas situaciones. Es por ello que un buen desarrollo de estas cualidades va permitir que las acciones deportivas se realicen de forma más eficiente y exitosa⁸⁰.

4.1. Relación entre ejercicios genéricos y específicos generales en seco con los ejercicios específicos dirigidos en seco

En la bibliografía científica son muchos los estudios que se han interesado en determinar si existe correlación entre los ejercicios específicos generales de fuerza y/o potencia y las acciones específicas dirigidas del deporte¹⁵⁵⁻¹⁵⁸. Por ejemplo, se han establecido altas correlaciones entre la fuerza máxima en media sentadilla y el rendimiento en el salto vertical y la velocidad en un esprint en jugadores de fútbol¹⁵⁹; o entre la fuerza máxima en sentadilla y la velocidad en el esprint en jugadores de rugby¹⁶⁰. Young¹⁶¹ encontraron que la fuerza reactiva (medida con el *drop jump*) sí parecía tener una moderada relación con la velocidad en los cambios de dirección laterales, así como también se observó una fuerte correlación entre el salto vertical en el suelo con la producción de fuerza y potencia de las extremidades inferiores^{162,163}.

En el ámbito del waterpolo, la evaluación de la fuerza y potencia muscular y su relación con el rendimiento del juego ha sido poco investigada. Así, se observó que la fuerza máxima en la prensa de piernas y la potencia generada en el salto vertical en seco se correlacionaban significativamente ($r = 0,654$, $p < 0,05$), así como también, entre el salto vertical y las pruebas de velocidad de 10 m ($r = -0,910$, $p < 0,01$) y 20 m ($r = -0,932$, $p < 0,01$)⁸⁰.

4.2. Relación entre ejercicios genéricos y específicos generales en seco con los ejercicios específicos dirigidos en el medio acuático

Se ha valorado el torque en la rotación de la musculatura hombro, al ser considerado un parámetro fundamental para el rendimiento del lanzamiento, y se ha correlacionado con la velocidad de lanzamiento en el medio acuático¹⁶⁴. Los resultados determinaron bajas correlaciones estadísticamente significativas entre ambas variables (rango de $r = -0,48$ a $r = -0,58$, $p < 0,05$). En cambio, Varamenti⁷⁴ y Platanou⁷³ establecieron altas y moderadas correlaciones entre rotadores internos y externos con la velocidad de lanzamiento ($r = 0,72$ y $r = 0,63$, respectivamente; $p < 0,05$) y ($r = 0,62$ y $r = 0,70$, respectivamente; $p < 0,05$), lo que indica la importancia del rol de los manguitos de los rotadores, siendo esencial en el lanzamiento por encima de la cabeza. Contrariamente, Bloomfield⁷², no encontraron relación entre la velocidad de lanzamiento y la fuerza de rotación mediante un cable de tensiometría y la velocidad de lanzamiento.

Parece que la musculatura del antebrazo desempeña un rol importante en la sujeción del balón y en la ejecución del lanzamiento. Se ha evidenciado una correlación entre la fuerza isométrica de agarre y la velocidad de lanzamiento

con portero ($r = 0,60$; $p < 0,05$), pero no en otras situaciones de lanzamiento⁷⁵. En el análisis biomecánico del lanzamiento se observa que el antebrazo realiza un movimiento de extensión y flexión para obtener mayor precisión, en el cual la contribución de la musculatura de la muñeca es de un 8 a 13,0 %⁸¹.

También se han estudiado las relaciones entre el tronco (la musculatura dorsal y abdominal) con la velocidad de lanzamiento. Se constató una correlación moderada-alta entre la fuerza dinámica máxima del *pull-over* en ambos brazos ($r = 0,70$; $p < 0,01$ *pull-over* brazo izquierdo y $r = 0,52$; $p < 0,01$ *pull-over* brazo derecho) y la rotación de tronco hacia la izquierda con la velocidad de lanzamiento ($r = 0,67$; $p < 0,01$)⁷⁸.

Las rápidas e intensas acciones que se producen en el partido de waterpolo para elevar el cuerpo fuera del agua podrían depender de la potencia generada por la musculatura de las extremidades inferiores⁷⁹. Los resultados demostraron una correlación muy baja o inexistente entre el salto vertical en seco y en el agua^{52,73,80,132}. Los autores atribuyen estos resultados a las particularidades técnicas del movimiento requeridas en el agua. Tampoco el test de salto de 30 s en el agua tocando el travesaño de la portería correlacionó con el test de potencia en bicicleta¹³⁵. La musculatura abductora parece contribuir en diferentes movimientos del waterpolo. En el estudio presentado por Krueger⁷⁸ comprobaron relaciones moderadas entre la musculatura de los abductores y la velocidad de lanzamiento ($r = 0,57$; $p < 0,05$).

4.3. Relación entre ejercicios específicos dirigidos realizados en el medio acuático.

Se han analizado relaciones entre diferentes ejercicios realizados en el medio acuático. Se observó que la fuerza medida en pataleo alternativo en el agua correlacionó con el salto en el agua desde posición básica ($r = 0,61$ y $r = 0,69$, $p < 0,01$ respectivamente) y con el salto en el agua desde posición vertical ($r = 0,45$; $p < 0,05$ y $r = 0,58$; $p < 0,01$, respectivamente). Por otro lado, la fuerza en el pataleo simultáneo no se correlacionó con los test de salto en el agua⁸⁸.

Tampoco se determinaron correlaciones con el salto vertical continuo en el agua y un test de nado anaeróbico (14 x 25 m)¹³⁵. En cambio, se determinaron bajas correlaciones entre la velocidad de nado y el salto vertical, así como entre la velocidad de nado ($r = 0,38$; $p < 0,05$) y la velocidad de lanzamiento ($r = 0,42$; $p < 0,05$)⁷³.

4.4. Relación entre variables antropométricas con los ejercicios genéricos y específicos generales en seco, y los específicos dirigidos realizados en el medio acuático.

La comunidad científica también se ha interesado por la composición corporal de los deportistas, lo que nos permite disponer de información sobre la estructura del deportista y las adaptaciones producidas por el entrenamiento⁸². Además, se ha estudiado la influencia de estas características antropométricas con distintas variables de rendimiento. En esta línea, algunos autores han analizado las características antropométricas con la velocidad lanzamiento en el medio acuático^{82,83,148}. Vila⁸² observaron que el índice de masa corporal, la circunferencia del brazo, el diámetro biacromial y el diámetro del fémur correlacionaban con la velocidad de lanzamiento con portero ($r = 0,47$, $r = 0,47$,

0,53 y $r = 0,57$; $p < 0,05$, respectivamente). Mientras que el diámetro del fémur y la longitud acromion radial se correlacionaban con la velocidad de lanzamiento sin portero ($r = 0,49$ y $r = 0,50$; $p < 0,05$, respectivamente). Resultados similares fueron hallados en el estudio de Platanou⁷³. En este caso las correlaciones que se establecieron fueron entre la longitud de la mano y la velocidad de lanzamiento ($r = 0,41$; $p < 0,05$). Por otro lado, se obtuvieron correlaciones negativas entre la masa corporal, el índice de masa corporal, la suma de pliegues, el porcentaje graso, peso graso, circunferencia del gemelo contraído y relajado, y el endomorfismo con el salto vertical ($r = -0,42$, $r = -0,45$, $r = -0,59$, $r = -0,72$, $r = -0,69$, $r = -0,51$, $r = -0,54$ y $r = 0,34$; $p < 0,05$, respectivamente). Esto reafirma que las jugadoras con menor peso corporal, porcentaje graso, IMC y suma de pliegues serán más eficientes, en aquellos movimientos que requieren de potencia y velocidad, que las jugadoras más pesadas y con mayores valores de porcentaje graso. Finalmente, los aspectos estructurales, como la anchura biacromial y la anchura biepicondilar del fémur se correlacionaban con la velocidad de lanzamiento con portero ($r = 0,72$; $p < 0,01$ y $r = 0,66$; $p < 0,05$)⁷⁵.

La valoración de la fuerza isocinética del hombro, parámetro relacionado con la prevención de lesiones, se ha correlacionado con algunos aspectos antropométricos. Así, se observó una correlación positiva entre la máxima rotación interna y externa con la masa magra total ($r = 0,55$ y $r = 0,435$; $p < 0,05$ respectivamente) y la masa magra de los brazos ($r = 0,37$ y $r = 0,21$; $p < 0,05$ respectivamente)⁷⁰. Asimismo, se correlacionó el torque (momento de fuerza) de la rotación interna y externa con la longitud de las extremidades

superiores ($r = 0,36$ y $r = 0,37$; $p < 0,05$) y la amplitud biacromial ($r = 0,55$ y $r = 0,45$; $p < 0,05$)⁷³.

En las diferentes investigaciones revisadas, se observan correlaciones entre los ejercicios genéricos y específico generales con los específicos dirigidos realizados en seco. Cuando se relacionan los ejercicios genéricos y específicos generales en seco con los específicos dirigidos en el medio acuático se encuentran correlaciones en los ejercicios que involucran las extremidades superiores y el tronco, pero no en los que se involucran las extremidades inferiores. Esto indica que el incremento de los valores de fuerza y potencia obtenidos en los ejercicios del gimnasio no tienen por qué comportar incrementos en los valores obtenidos en los ejercicios realizados en el medio acuático cuando se evalúan las extremidades inferiores. Eso sugiere, que a la hora de evaluar, no solamente hay que tener en cuenta la musculatura implicada, sino también el gesto técnico que se está realizando, ejecución técnica, el tipo de entrenamiento, los componentes elásticos del músculo, la morfología de los sujetos, etc.⁸⁰.

4.5. Entrenamiento de la fuerza en waterpolo

El entrenamiento de la fuerza se ha convertido en una cualidad física fundamental en la preparación física para la mejora del rendimiento. El objetivo es conseguir las mayores ganancias en el rendimiento para una determinada cantidad esfuerzo de trabajo, es decir, la eficiencia del entrenamiento.

El entrenamiento de la fuerza ha demostrado ser efectivo en la mejora de las diferentes acciones específicas del deporte. Ha sido de gran interés la respuesta que producen diferentes métodos de entrenamiento sobre los niveles de fuerza y potencia muscular, con lo que ha inducido a la mejora del rendimiento deportivo específico de cada deporte^{165,166}. En la bibliografía especializada se han documentado ampliamente los estudios que evidencian sus beneficios. Se muestran mejoras en el salto y el sprint en jugadores de fútbol¹⁶⁶, incrementos en la velocidad del balón en el chut^{155,167-169}, mejoras en la velocidad del lanzamiento en balonmano^{170,171}, e incrementos en el salto vertical en jugadores de voleibol¹⁷².

Actualmente, la profesionalización del waterpolo se va incrementando día a día; aun así, existen escasas investigaciones en deportistas de alto nivel y se dispone de muy pocos datos sobre las mejoras que producen el trabajo de fuerza en las acciones determinantes del juego. Aunque el waterpolo por sí mismo puede mejorar muchos de estos factores, los jugadores de alto nivel necesitan de la incorporación de un trabajo adicional para mejorar la condición física específica del waterpolo. Esta mejora, puede llevarse a cabo mediante ejercicios para desarrollar los esfuerzos anaeróbicos intermitentes de alta intensidad, la velocidad, los cambios de dirección, la fuerza y la potencia⁷⁶.

Los factores más importantes que influyen en el rendimiento del waterpolo incluyen la fuerza del tronco, la fuerza de las extremidades inferiores y superiores, la técnica de lanzamiento y la capacidad de salto¹⁴⁶. Un entrenamiento adecuado de fuerza podría mejorar cada uno de estos factores. En esta línea, se ha mostrado que el entrenamiento con ejercicios genéricos y generales de extremidades superiores parece influir positivamente en la velocidad de lanzamiento¹⁶⁵. Se evaluaron los efectos de 18 semanas de entrenamiento de la fuerza específica general (ejercicios de extremidad inferior y superior) y de alta intensidad sobre las cualidades determinantes del waterpolo y la fuerza muscular; los resultados obtenidos indicaron un incremento del 6,9 % en el CMJ, 2,2 % en el esprint, 10,5 % en 1RM en el press de banca, 14,2 % en el squat completo y 2,7 % en velocidad de lanzamiento; se demostraron, pues, claros incrementos en la mejora de la fuerza muscular y en algunas de las acciones técnicas del waterpolo. Por lo demás, en las variables de la velocidad de lanzamiento y el salto vertical (CMJ) no se establecieron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control⁷⁶. En el sexo femenino también se han estudiado los efectos de un programa de entrenamiento con ejercicios de fuerza que involucraban solo las extremidades inferiores. Al finalizar las 16 semanas de entrenamiento el grupo experimental había mejorado el salto en el agua en un 12,0 %, el CMJ un 8,6 %, la velocidad de lanzamiento 6,8 %, la velocidad de nado 1,3 % y la fuerza en el squat completo en un 20,9 %. En este caso, sí que se establecieron diferencias significativas en las distintas variables entre el grupo experimental y el grupo control¹⁵².

Van den Tillaar¹⁶⁵ realizó la preparación de un entrenamiento de la fuerza durante un mes en chicos jóvenes. Estableció tres grupos de entrenamiento: el grupo A realizó trabajo de fuerza genérica y específico general; el grupo B, entrenamiento de fuerza explosiva con balones medicinales (específico general), y el grupo C realizó un entrenamiento mixto, combinando una parte de los programas del grupo A y B. En este caso, se mostró que el grupo mixto fue el que consiguió más mejoras en los diferentes test (dominadas, lanzamiento de balón medicinal sentado y lanzamiento desde el agua con balón reglamentario) después del periodo de entrenamiento. También se observó que los tres grupos mejoraron en el test de lanzamiento con el balón reglamentario. Los resultados indican que los diferentes métodos pueden, en diferente medida, ayudar en la mejora de la velocidad de lanzamiento en el agua.

Se ha demostrado la eficacia del entrenamiento de la fuerza genérica y específica general en seco sobre algunas variables de rendimiento determinantes en waterpolo. Por lo demás, solo se ha encontrado un estudio que investigue sobre la eficacia del entrenamiento de la fuerza realizado en el agua sobre el rendimiento. En su investigación, De Villarreal¹⁵¹ compararon el efecto del trabajo de fuerza específica general en seco con el trabajo de fuerza específica dirigida en el agua durante seis semanas. Al finalizar el estudio, se observó que ambos grupos habían incrementado significativamente los resultados en el salto CMJ. Además, ambos grupos incrementaron la velocidad de lanzamiento, pero no significativamente. El grupo de entrenamiento en el agua mejoró significativamente en el test de salto en el agua y en el test de agilidad. Aparte de eso, en el test de agilidad, se determinaron diferencias

significativas entre ambos grupos. También se obtuvieron mejoras en el esprint de 20 m, pero las mejoras no fueron significativas. El grupo de trabajo en seco mejoró significativamente en los test de squat completo y *press* de banca. En estos test de fuerza máxima, se establecieron diferencias significativas entre el grupo de entrenamiento con pesas con respecto al grupo que entrenó en el agua. Como se observa, los jugadores que realizaron el entrenamiento en seco mejoraron significativamente los test genéricos y específico generales (*squat* y *press* de banca) después del periodo de entrenamiento, además de determinarse diferencias significativas en relación con el grupo de entrenamiento en el agua. Lo mismo se observó con el otro grupo, en el que mejoraron significativamente en el test de salto en el agua y el de agilidad después del periodo de entrenamiento. Los resultados del estudio son de gran interés para los entrenadores y preparadores físicos. Se evidencia la importancia del principio de especificidad a la hora de escoger y realizar los ejercicios, en el que para incrementar el rendimiento deben respectarse los factores cinemáticos: rango de movimiento, velocidad de ejecución, patrón de movimiento y ejecución técnica.

Las propuestas diseñadas por diferentes entrenadores y preparadores físicos suelen ser muy generales. Garcia¹⁷³ considera que en el diseño de un programa de fuerza deben incluirse ejercicios orientados a la prevención de lesiones y desequilibrios musculares, en este programa se debe enfatizar los ejercicios de estabilización de los hombros. Se recomienda ejercitar los músculos romboides, pectoral, hombros y rotadores que son esenciales para el lanzamiento. Este trabajo debe complementarse con ejercicios más específicos y con una orientación explosiva. Para ello, la utilización de balones lastrados

junto con entrenamiento pliométrico del tronco favorecerá la mejora de la potencia.

En el 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 a prevenir las lesiones. Para ello se utiliza material del gimnasio (pesas libres y máquinas de musculación) y se deja en un segundo plano la especificidad del entrenamiento de esta cualidad en el medio acuático²⁹.

5. Efectos de la edad y el género sobre la fuerza

La infancia y adolescencia son los periodos más importantes de la vida debido a los cambios físicos y psicológicos que se producen en ellos¹⁷⁴. En la literatura científica se observa un interés creciente en estudiar los efectos de la edad y el género sobre la fuerza muscular. Esta cualidad es considerada como una de las componentes esenciales en el rendimiento motor. Su medición se ha realizado principalmente como parte de las baterías de test de condición física para niños/as, como la FITNESSGRAM, EUROFIT, CPAFLA y AFEA¹⁷⁵. Mayoritariamente, se han llevado a cabo con estudios transversales¹⁷⁵⁻¹⁷⁷ y en menor medida con estudios longitudinales¹⁷⁸, siendo estos últimos los que nos pueden aportar una información más precisa sobre el proceso de crecimiento individual¹⁷⁹. Los test de campo son utilizados en numerosas publicaciones por las altas posibilidades que ofrecen en el desarrollo. Son métodos fáciles de administrar, relativamente seguros, requieren de poco equipamiento, suponen un coste bajo y permiten evaluar gran cantidad de sujetos en periodos relativamente cortos. Contrariamente, los test de laboratorio con plataforma de fuerza y material isocinético son herramientas muy válidas y precisas, pero tienen costes elevados y son poco prácticos, por lo que se utilizan en limitados estudios¹⁷⁵.

La máxima fuerza que puede ser generada depende de distintos factores: tamaño y número de músculos involucrados, proporción de fibras musculares puestas en acción, coordinación de los músculos, etc. La fuerza y el rendimiento motor generalmente mejoran con la edad, durante la infancia y adolescencia, pero este crecimiento no es uniforme para todas las tareas¹⁸⁰.

Son varios los estudios que confirman las diferencias en los valores de test de fuerza muscular entre el sexo masculino y el femenino^{126,175,176,181-187}, y se observa que no mantienen la misma dinámica de evolución. Los niveles de fuerza muscular en el sexo masculino tienden a incrementarse conforme aumenta la edad. En el sexo femenino, en cambio, la progresión es distinta, o alcanzan una meseta o su incremento es muy ligero a partir de los 12 y 13 años en los test de fuerza explosiva, a los 10-11 años en los ejercicios de resistencia muscular y a los 12-13 años en los ejercicios abdominales¹⁷⁵. En edades inferiores, de los 6 a los 11 años, no se establecieron diferencias significativas entre ambos géneros¹⁸¹.

En la etapa de crecimiento y desarrollo de los niños/as la medición de la fuerza se ha realizado mediante test de fuerza explosiva o potencia, fuerza dinámica (o funcional) y fuerza isométrica¹⁷⁹.

La fuerza explosiva y la potencia muscular han sido las manifestaciones de fuerza más valoradas en las diferentes investigaciones. Armstrong¹⁸⁸ demostró que la potencia máxima en bicicleta era mayor en chicos que en chicas y que las diferencias entre géneros se incrementaban con la edad. Martín¹⁷⁷ observó que en las chicas la potencia se incrementó (273,0 %) entre los 7 a los 16 años y se estabilizaba a los 16-17 años. También se determinaron diferencias en la frecuencia de pedaleo, que se relacionan con la mayor proporción y/o reclutamiento de fibras rápidas en chicos que en chicas¹⁸⁹.

Las diferencias entre géneros también podrían estar relacionadas con aspectos de coordinación motora¹⁷⁷. En esta línea, Beunen¹⁹⁰ y Martín¹⁹¹ determinaron diferencias en los valores de potencia (absoluta) en bicicleta entre ambos

géneros a partir de los 13-14 años, siendo superiores los valores de fuerza en el grupo masculino que en el femenino. En las edades anteriores a la pubertad, tampoco se determinaron diferencias significativas. Según los autores, en edades inferiores a los 13-14 años la potencia máxima no depende del género¹⁷⁷.

La fuerza explosiva, valorada mediante el salto horizontal a pies juntos o el salto vertical, se incrementa de forma bastante lineal en ambos sexos entre los 6 y 12-13 años¹⁹⁰. A partir de entonces, el salto de longitud se estabiliza en las niñas, mientras que en los niños se aprecia un gran aumento^{183,190}. En las edades inferiores (de los 6 a 11 años) no se determinaron diferencias significativas entre ambos géneros¹⁷⁵. Las diferencias entre sexos son relativamente pequeñas pero consistentes durante la infancia. Ortega¹⁸⁴ aplicó algunos de los test de Bosco (SJ, CMJ y Abalakov) en chicos y chicas de 13 a los 17 años de edad. En las curvas de percentiles se observa un incremento continuo en el sexo masculino, mientras que en el sexo femenino se mantienen estables e incluso descienden ligeramente. Las mayores diferencias en los resultados de los test de potencia (salto horizontal y salto vertical) se manifiestan entre los 10-12 años en el sexo femenino¹⁹¹.

El lanzamiento con ambas manos desde detrás de la cabeza se ha incluido también en los test de fuerza. La dinámica de evolución de la fuerza era muy similar a la del salto. Un incremento gradual en ambos géneros hasta los 12-13 años; a partir de esta edad, los valores en las chicas se estabilizaban. En cambio, en los chicos los incrementos se producían de forma importante a partir de los 11-12 años¹⁸³. El incremento de la velocidad de lanzamiento en

chicas es más suave que los chicos hasta los 14 años, momento en que empieza a estabilizarse¹⁹².

En muchos deportes es fundamental mejorar la velocidad de desplazamiento, definida como la capacidad de mover el cuerpo o partes de este lo más rápido posible de un lado a otro¹⁸³. Se ha podido observar que en los test de *sprint* (20 m, 30 m y 50 m) con y sin carrera lanzada se determinan diferencias significativas entre chicos y chicas en todas las edades de 6 a 17 años, con la excepción de la carrera de 30 m en las edades de 6 y 7 años. El *sprint* en chicos se incrementa conforme aumenta la edad, mientras que las chicas parecen estabilizarse o lo incrementan muy lentamente cuando alcanzan los 12-13 años¹⁸³. En el sexo masculino, es hacia los 14 años cuando se produce un brote de crecimiento¹⁹². Estas diferencias entre ambos géneros podrían deberse a los cambios en el peso magro y graso durante la pubertad¹⁸⁵ y al gran desarrollo de la masa muscular que se produce en los chicos durante la adolescencia¹⁹³. Los bajos rendimientos en la velocidad y agilidad en el sexo femenino se han asociado a incrementos en su porcentaje graso, mientras que el bajo porcentaje graso en chicos se han asociado a un incremento general del rendimiento¹⁸⁵. Además, se ha observado que las chicas son menos activas que los chicos pudiendo ser también este un factor que explique las diferencias¹⁹⁴.

En los test de resistencia muscular de las extremidades superiores, las diferencias entre ambos sexos empezaban a ser significativas a partir de los 10 y 11 años, mientras que en los ejercicios abdominales orientados a la resistencia muscular las diferencias se observaban a partir de los 12-13

años¹⁷⁵. Ervin¹⁸¹ no determinó diferencias significativas entre ambos sexos en el test abdominal en las edades de 6 a 11 años, pero si en las edades de 12 y 15 años. La evaluación de la fuerza dinámica en niños, con el ejercicio de flexión del brazo, mostró un incremento curvilíneo con un marcado incremento después de los 12 años. En el ejercicio de *sit-up* (ejercicio abdominal de flexión de tronco) se produce un incremento, pero gradualmente decrece. En niñas, se incrementa gradualmente hasta los 13 años y después decrece.

La fuerza isométrica máxima que puede generar el sistema músculo-esquelético es proporcional al área de sección transversal del músculo¹⁹⁵. Los resultados presentados por Smits-Engelsman¹⁹⁶ muestran como la fuerza máxima isométrica incrementa de forma muy gradual entre los 5 y 10 años y más pronunciado a partir de los 11 años. En niños, la fuerza isométrica se incrementa linealmente con la edad desde los 6 años hasta los 12 o 13 años, cuando se produce una marcada aceleración de los niveles de fuerza a través de la adolescencia. En niñas, la fuerza incrementa linealmente hasta los 16 o 17 años, sin una clara evidencia de tirón en la adolescencia como los chicos, aunque los valores varían entre los test de fuerza específica^{179,192}.

En el ámbito del waterpolo solo se ha encontrado un estudio transversal en que valoren acciones de fuerza. En un estudio piloto, estudiaron cuales de las características físicas y de rendimiento se diferenciaban entre las jugadoras séniors y las juniors de un equipo nacional. Los resultados determinaron diferencias significativas en la mayoría de variables de rendimiento (VO_2 máx. absoluto y relativo, tiempo en los 400 m, pico de lactato, tiempo en los 25 m, la fuerza en los rotadores internos y externos, y el tiempo en los 50 m, salto

vertical en el agua y velocidad de lanzamiento) siendo superiores en séniors que en júniors. Estas diferencias se explicaron en parte, porque las jugadoras séniors realizaban entrenamientos más intensos y especializados. Además, debemos añadir que los jugadores júniors están aún completando su fase de desarrollo físico (escala de maduración de Tanner 5)⁷⁴. Debemos hacer referencia también al estudio de Taylor¹⁹⁷, aunque aplicado al ámbito de la natación, por la similitud del test de nado con el de la presente tesis. En este caso, valoraron la fuerza de nado resistido en chicos/as de edades comprendidas entre los 10 y 16 años. El estudio mostró que la fuerza de nado no presentaba diferencias significativas entre los 10 y 12 años de edad en ningún sexo. A partir de los 12 años y hasta los 15 años, las diferencias eran significativas año tras año, tanto en el sexo masculino como en el femenino.

Los resultados de los diferentes test de fuerza revisados, mediante estudios transversales o longitudinales, muestran en términos generales, un incremento similar entre el género masculino y femenino, no mostrando diferencias significativas entre los 6 y 11 años. A partir de los 12 y 14 años, y en función de la manifestación de fuerza y el tipo de ejercicio, los resultados en las distintas pruebas incrementan significativamente en el sexo masculino a medida que incrementa la edad, mientras que, en el sexo femenino los valores se estabilizan o incrementan más ligueramente.

En resumen, en este apartado teórico de la presente tesis observamos que el waterpolo es un deporte de equipo de naturaleza intermitente en el que se mezclan periodos de alta intensidad con periodos de baja intensidad de duración variada, durante los cuales se producen muchas y variadas acciones;

a lo largo del partido se pasa de la posición horizontal a la vertical y viceversa, y las acciones de lucha, nado y flotación en posición vertical (para defender, pasar, lanzar o saltar) son las más predominantes.

Estas acciones consideradas de gran relevancia en el waterpolo no se han visto reflejadas de la misma manera en las pruebas de control. Así, por ejemplo, las acciones de contacto han sido muy poco investigadas en la literatura especializada, centrándose principalmente en la fuerza de empuje frontal y dejando en un segundo lado la capacidad de generar fuerza de espaldas. En la misma línea, la acción de nado, importante en las transiciones y en los desmarcajes en el waterpolo, ha sido escasamente evaluada en el waterpolo.

La medición de la altura de salto ha adquirido mucho interés en la bibliografía del waterpolo en comparación con las otras manifestaciones. Ha consistido principalmente en medir el máximo alcance vertical de forma absoluta o relativa, utilizando tablas de medidas, lamas, cámaras o dispositivos electrónicos, y en evaluar la capacidad de repetir saltos. Sin embargo, no se ha encontrado ningún estudio en el que evalúen la capacidad de mantener el cuerpo verticalmente fuera del agua lo más arriba posible, en el que se simule de forma específica la situación defensiva para cubrir la portería y/o bloquear un posible lanzamiento ante el jugador ofensivo con balón.

Por lo demás, ha despertado mucho interés la evaluación de la máxima velocidad de lanzamiento, tanto sin exigencia de precisión como en situación de precisión para simular específicamente la situación del juego, mediante tapiz o red con agujeros; o con la presencia de portero o defensa, o ambos, sin

precisión y con precisión en el mismo estudio. En cambio, no se ha profundizado demasiado en lo que se refiere a la velocidad en función de la técnica empleada o a si la velocidad se modifica en función de la situación de lanzamiento.

En cuanto a la evaluación de la fuerza genérica y/o específica general ha sido poco investigada. Una parte importante de las investigaciones se ha centrado en valorar desequilibrios musculares de la musculatura escapulohumeral, entre agonistas-antagonistas, prevención de lesiones y su relación con el rendimiento. Mientras otros estudios se han orientado a la valoración de la fuerza máxima de la musculatura del cuádriceps, pectoral, dorsal, antebrazo y hombro para monitorizar el entrenamiento.

La bibliografía científica se ha interesado en correlacionar los ejercicios genéricos y específicos generales con ejercicios específicos dirigidos como la velocidad de lanzamiento o la altura de salto. Por ejemplo, se ha investigado la correlación entre la musculatura del hombro (rotadores internos y externos), del antebrazo, la musculatura abdominal y dorsal con la velocidad de lanzamiento o entre el salto vertical en seco con el salto en el agua. Pero no se ha analizado la correlación entre el ejercicio de *press* banca con la velocidad de lanzamiento, siendo este ejercicio genérico muy utilizado en los entrenamientos por incidir con la musculatura involucrada en el lanzamiento. Tampoco se ha analizado la correlación entre el ejercicio de prensa de piernas con la altura de salto, la altura mantenida o la velocidad de lanzamiento.

Existe una falta de estudios que traten sobre el perfil de la condición física específica en jugadores de waterpolo, en particular, estudios que investiguen,

no solo con deportistas de alto nivel, sino también que estén en fase de tecnificación, y en que participen sujetos de ambos géneros en el mismo estudio. Además, casi no encuentran estudios transversales en ambos sexos que permitan observar la evolución de estas manifestaciones de fuerza en cada uno de los géneros y establecer comparativas.

Por este motivo, creemos que es interesante llevar a cabo un estudio orientado a valorar las diferentes manifestaciones de fuerza específicas del waterpolo con una batería de test más amplia y completa que pueda complementar las existentes: fuerza de empuje de espaldas y frontal, fuerza de nado, máxima altura de salto, altura mantenida y velocidad de lanzamiento en el grupo masculino y femenino y en diferentes categorías-edades. Además, de analizar la correlación entre ejercicios realizados en el gimnasio (prensa de piernas y *peck-deck*) con ejercicios específico dirigidos en el medio acuático.

IV HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La parte experimental de la presente tesis consta de dos estudios:

Hipótesis estudio 1:

- Se establecerán correlaciones significativas entre los valores del test de potencia obtenidos en la máquina *peck-deck* con los valores de la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta) realizados en el medio acuático.
- Los valores de los test de potencia realizados en la máquina de prensa de piernas no correlacionaran con los valores de la altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta) realizados en el medio acuático.
- Los valores antropométricos (envergadura, % muscular y peso muscular) correlacionaran significativamente con la velocidad en ambas técnicas de lanzamiento.
- Los valores antropométricos del % muscular y peso muscular correlacionaran significativamente con la altura de salto y altura mantenida.

Hipótesis estudio 2:

- Los valores obtenidos en los diferentes test realizados en el medio acuático: fuerza de empuje frontal, fuerza de empuje de espaldas, fuerza de nado, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta) en el medio acuático serán mayores conforme aumenta la edad dentro de cada uno de los sexos, y mayores en el sexo masculino que el femenino en cada una de las categorías.
- La velocidad del lanzamiento con balón en el agua será mayor que el lanzamiento con doble finta efectuado sin exigencia de precisión, y similar con exigencia de precisión.
- La velocidad de los lanzamientos finalizados en goles será menor que la velocidad de los lanzamientos no acertados.

Objetivos estudio 1:

- Correlacionar los valores de potencia muscular de las extremidades inferiores realizados en la prensa de piernas y de las extremidades superiores realizados en el *peck-deck* con los valores de la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta), la altura y altura mantenida de salto realizados en el medio acuático.
- Correlacionar los valores de las características antropométricas (peso, altura, IMC, envergadura, % graso, peso graso, % muscular y peso muscular) con los valores obtenidos en los test de potencia en prensa de

piernas y *peck-deck*, la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta), altura de salto y la altura mantenida.

Objetivos estudio 2:

- Determinar los valores de fuerza de empuje frontal, empuje de espaldas y nado, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta) realizados en el medio acuático en un grupo de jugadores/as de waterpolo en diferentes edades y categorías.
- Comparar los valores de los test de fuerza empuje frontal, empuje de espaldas y de nado, de altura de salto, de altura mantenida y de la velocidad de lanzamiento realizados en el medio acuático, entre categorías dentro de cada uno de los sexos, y entre sexos dentro de cada una de las categorías.

Objetivos secundarios:

- Correlacionar los valores de las características antropométricas, peso, altura, IMC, envergadura, con los valores de los test de fuerza de empuje frontal, empuje de espaldas y de nado, de la altura de salto, de altura mantenida y de la velocidad de lanzamiento realizados con y sin exigencia de precisión, en el medio acuático.
- Analizar la máxima velocidad de lanzamiento en función de la técnica y situación de lanzamiento realizado con y sin exigencia de precisión.

- Analizar la velocidad de lanzamiento con precisión en función de la eficacia.

V. Parte experimental. Trabajos de investigación

ESTUDIO 1: Relación entre los test específicos generales en seco y los test específicos dirigidos en el medio acuático en jugadores de waterpolo

Nótese que el título publicado en la revista *Apunts*¹² no se corresponde con el trabajo de investigación presentado. Se ha considerado su modificación para seguir el nivel argumental de la presente tesis.

1.1 Abstract

Objetivos

El propósito del presente estudio fue correlacionar los valores de potencia muscular de las extremidades superiores obtenidos en la máquina de *peck-deck* y de las extremidades inferiores realizados en la prensa de piernas con los valores de la velocidad de lanzamiento con dos técnicas distintas (T1: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y T2: lanzamiento con doble finta), la altura y la altura mantenida de salto realizados en el medio acuático. Además, correlacionar los valores de las características antropométricas (peso, altura, IMC, envergadura, % graso, peso graso, % muscular y peso muscular) con los valores de los test de potencia en seco, y de velocidad de lanzamiento, altura de salto y la altura mantenida realizados en el medio acuático.

Diseño del estudio:

Se determinaron los valores de potencia en la máquina de prensa de piernas y *peck-deck* con el *Musclelab*. La velocidad de lanzamiento, realizada con dos técnicas distintas, fue medida con el radar de velocidad. Finalmente, se midió la máxima altura de salto y altura mantenida con la cámara de filmación de alta velocidad.

Material y métodos:

- Sujetos:

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 $1,84 \pm 0,0$ m y IMC de $21,5 \pm 1,3$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) formaron parte de este estudio.

Resultados:

Se observó 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 los valores de la máxima potencia en prensa de piernas y la máxima altura y altura mantenida de salto fueron bajas ($r = 0,31$ $p > 0,05$ y $r = 0,00$ $p > 0,05$, respectivamente).

Discusión y conclusión:

La escasa relación encontrada entre los valores de potencia en el *peck-deck* y la velocidad de lanzamiento, así como entre los valores de la prensa de piernas con la velocidad de lanzamiento, altura de salto y altura mantenida, podría ser explicada por la existencia de 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.

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

1.2. Introducción

En el transcurso de un partido de waterpolo se producen una gran variedad de 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 rendimiento¹⁹⁸. Es por ello que un buen desarrollo de estas cualidades va a permitir que las acciones deportivas se realicen de forma más eficiente y exitosa⁸⁰.

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, va a dificultar 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: 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^{79,141}.

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 en las que el cuerpo se mueve verticalmente fuera del agua con el objetivo de lanzar a portería, bloquear un lanzamiento o pasar el balón^{52,132}. 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 deporte¹⁵⁵⁻¹⁵⁸. Por ejemplo, se han establecido altas correlaciones entre los valores de la fuerza máxima en media sentadilla y el rendimiento en el salto vertical y la velocidad en un esprint en jugadores de fútbol¹⁵⁹; o entre la sentadilla y el esprint en jugadores de rugby¹⁶⁰. Young¹⁶¹ encontraron que la fuerza reactiva (medida con el *drop jump*) si parecía tener una moderada relación con la velocidad en los cambios de dirección laterales, así como también se observó una fuerte correlación entre el salto vertical en el suelo con la producción de fuerza y potencia de las extremidades inferiores^{162,163}.

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. Bloomfield⁷² valoró 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 si incrementos en los niveles de fuerza. En el estudio realizado por Ferragut⁷⁵ se evidenció una correlación entre la fuerza isométrica de agarre y la velocidad de lanzamiento con portero, pero no en otras situaciones de lanzamiento. Krueger⁷⁸ constató una correlación moderada entre la fuerza dinámica máxima del *pull-over* y rotación de tronco hacia la izquierda, con la velocidad de lanzamiento.

En lo que se refiere a las extremidades inferiores, se comprobó que no existía correlación entre el salto vertical en seco y en el agua^{52,73,80,132}. Los autores atribuyeron los resultados a las particularidades técnicas del movimiento

requeridas en el agua. Por otro lado, Krueger⁷⁸ y McCluskey⁷⁹ encontraron 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, lo que ha proporcionado información sobre la estructura del deportista y las adaptaciones producidas causadas por el entrenamiento⁸². Además, 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^{82,83,148}. En el estudio presentado por Van der Wende⁸³ se determinó la relación que hay entre la circunferencia del brazo con la velocidad de lanzamiento. Vila⁸² establecieron correlaciones entre el diámetro del fémur y la longitud acromion radial con la velocidad de lanzamiento sin portero. Finalmente, Ferragut⁷⁵ observaron que tanto el diámetro biacromial como la anchura biepicondilar del fémur se correlacionaban con la velocidad de lanzamiento con portero.

En waterpolo, una parte importante del entrenamiento de la fuerza se realiza fuera del agua y está orientado a incrementar la fuerza y potencia muscular, así como a prevenir la aparición 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 cualidad²⁹. 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 en las que 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 como por su importancia en las acciones defensivas, debería ser incluido en el protocolo de valoración. En este trabajo se presenta una propuesta para su control.

1.3 Objetivos

Correlacionar los valores de la potencia muscular de las extremidades superiores e inferiores, mediante los ejercicios de *peck-deck* y prensa de piernas, con los valores de 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 realizados en la piscina. Además, correlacionar los valores de las características antropométricas (peso, altura, IMC, envergadura, % graso, peso graso, % muscular y peso muscular) con los valores obtenidos en los test de potencia en prensa de piernas y *peck-deck* en seco, y la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta), altura de salto y altura mantenida en el medio acuático.

1.4 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 $1,9 \pm 0,0$ m, % graso $10,9 \pm 2,1$, peso graso $8,1 \pm 2,1$ 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. Se informó a los jugadores de que siguieran una dieta normalizada y hábitos saludables los días anteriores y durante el proyecto.

Los criterios que debían cumplir los sujetos que participaron en el presente estudio se detallan a continuación:

- No tener ninguna lesión o enfermedad que pudiera limitar el rendimiento deportivo.
- Estar activos en la práctica competitiva.

Para poder participar, los sujetos firmaron por escrito un documento de consentimiento en el que se especificaron las características del proyecto, además del uso estrictamente científico que se iba a hacer de los resultados, imágenes y secuencias de vídeo que se registrasen, según se especifica en la Declaración de Helsinki de 1975 (revisada en Tokio en 2004).

- **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 ± 0.1 MPH, rango de velocidad 1 - 300 MPH, 1-480 KPH con una frecuencia de registro de 100Hz y con 0,045 sensibilidad $m \cdot s^{-1}$. Las unidades de medida se expresaron en $m \cdot s^{-1}$.
- Equipo de valoración para la fuerza y la potencia MuscleLab Model 4000/4000e (Ergotest Innovation a.s., Porsgrum Norway. Las unidades de los valores de fuerza obtenidos se expresaron en Watts (W).
- Balón de waterpolo, modelo Mikasa 6000W Tricolor.
- Portería reglamentaria de waterpolo, medidas de 3 x 0,90 m.
- Material de cineantropometría: báscula (Sartorius EA 150 FEG, Alemania) con una precisión mínima de 100 g, tallímetro (Holtain) con una precisión de un milímetro, lipómetro (Holtain T/W Skinfold Caliper, Inglaterra) con una precisión de 0,2 mm y antropómetro (Holtain Harendem Anthropometer) con una precisión de 1 mm.
- Goniómetro (CARCI) 180° - 35 cm.
- Cámara de filmar Casio Computer Co., Ltd EXILIM High speed EXFC 100, Tokio.
- Trípode Hama Star 5 Traveller.
- Programa Kinovea 0.8.15. Las unidades se expresaron en m y cm.
-

Procedimiento:

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

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.

El procedimiento que se aplicó para el desarrollo del presente estudio consistió en ejecutar los protocolos de valoración que se describen a continuación en tres días diferentes con 48 horas de recuperación. De esta forma, se evitó que hubiera posibles influencias por la fatiga acumulada. El primer día se realizó un test de fuerza máxima indirecto para la determinación de la 1RM (una repetición máxima). El segundo día se realizó el test de potencia en prensa de piernas horizontal y en *peck-deck*. El último día se llevó a cabo la valoración de la velocidad máxima de lanzamiento y el de máxima altura y altura mantenida de salto.

- Test de fuerza máxima indirecto

Para la realización del test, los sujetos realizaron previamente un ligero calentamiento de 10 a 15 repeticiones al 40,0 – 60,0 % del máximo percibido. Después de descansar un minuto y realizar unos estiramientos suaves, ejecutaron de 8 a 12 repeticiones al 60,0 – 75,0 % del máximo percibido. Una vez finalizado el calentamiento, y con un intervalo de descanso de 2 min, los

sujetos procedieron a determinar el peso para realizar 6RM (la máxima cantidad de peso que se puede levantar realizando seis repeticiones). En caso de no hallar el peso, se concedió de tres a cinco minutos de descanso, después de los cuales se siguió aumentando peso hasta conseguir las 6 RM. Finalmente, se aplicó la fórmula de Brzyck¹⁹⁹ para el cálculo indirecto del peso correspondiente a la 1RM.

- **Test de potencia muscular**

Para su evaluación se realizó un test de cargas progresivas realizando las repeticiones a máxima velocidad posible²⁰⁰. Los ejercicios elegidos para su evaluación fueron la prensa de piernas horizontal y el ejercicio de pectoral de *peck-deck*. Previamente 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 al 50,0 % del peso de la 1 RM 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 de la 1 RM (20,0 %, 40,0 %, 60,0 % y 80,0 %) para poder obtener la curva de potencia²⁰¹. 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 s. De cada uno de los ejercicios se escogió, por cada kilaje, la

repetición que 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 obtenido a través de una función linómica de segundo grado.

- **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^{142,148}. Sus principales ventajas residen en la rápida aportación de la información, la posibilidad de ser utilizado a situaciones próximas a la realidad competitiva y su facilidad de uso. El principal inconveniente en el uso del radar como instrumento de medida en el deporte viene determinado por los factores que pueden distorsionar la medida: existencia de aparatos que puedan emitir ondas similares, ángulo de movimiento del objeto respecto al radar, nivel de sensibilidad, existencia de distintos objetos en movimiento dentro del rango de alcance del radar y su perfecta calibración.

Para el registro de la velocidad de lanzamiento el radar se colocó orientado frontalmente, a 3 m por detrás de la portería, quedando protegido por la malla, y a 9 m del jugador. Para que la medida fuera precisa, se colocó el radar de manera que el balón se dirigiera hacia el aparato de forma rectilínea, y de esta forma evitar el error en la medida llamado “efecto coseno”. En caso contrario, la velocidad registrada es inferior a la real del móvil y para corregir este error hay que multiplicar la velocidad registrada por el coseno del ángulo creado entre la dirección del objeto y la orientación del radar²⁰².

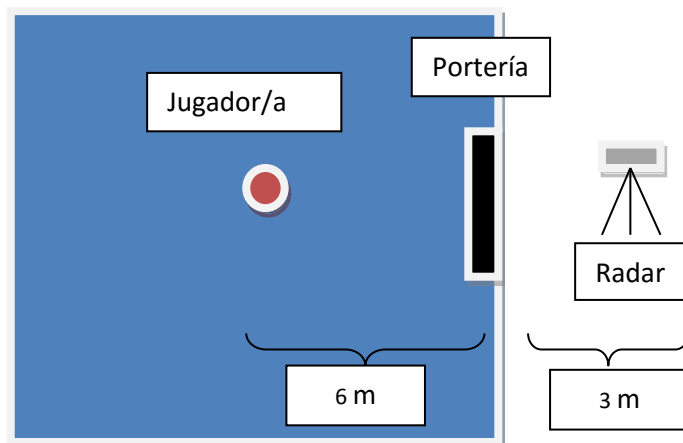


Figura 5. Esquema ejecución de la valoración de la velocidad de lanzamiento.

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 5 min de nado, 5 min de pases en movimiento 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 Abrales⁴⁴, comprobaron que el 52,8 % 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 del lanzamiento se dejó un periodo de recuperación de 5 min. Los intentos se realizaron con la mano hábil, sin portero y debían finalizar en gol. En el caso de fallar el lanzamiento, 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 de la altura de salto y la altura mantenida

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

Para su registro se ha utilizado, en ambas pruebas, una cámara de filmación de alta velocidad (30 fps) y un trípode. Esta se colocó frontalmente a una distancia de 6 metros del jugador y a una altura de 0,5 metros del suelo. 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. Este programa ha sido validado y considerado ser un método fiable para el cálculo de la altura de salto vertical con la cámara de filmación²⁰³ y utilizado en algunos estudios²⁰⁴.

Todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado previo a la realización de las pruebas, que consistió en 10 min de nado, 5 min de ejercicios generales y 5 minutos de movimientos específicos.

. Altura de salto

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 la 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 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 de la 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.

. Altura mantenida

La finalidad de esta prueba es medir la máxima altura a la que el jugador puede mantener su cuerpo fuera del agua durante 5 s. Inicialmente, el sujeto se mantiene flotando con la 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 s. 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 mantener la posición de la cabeza mirando hacia el frente. En todo momento el cuerpo debe 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 de la apófisis del mentón. La medición empieza en el momento que el jugador obtiene la máxima altura y se registra durante 5 s. El resultado se obtiene haciendo un promedio de este intervalo de 5 s. De los 3 intentos con cada brazo se seleccionó el mejor y se hizo un promedio de estos para el análisis estadístico.

- **Variables 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 milímetros. Con el propósito de estandarizar y unificar criterios en cuanto a la técnica de medición y consideración de puntos anatómicos se siguió los criterios de la International Society for 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 Vallés.

Tratamiento Estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables estudiadas (medias y desviación estándar (DS). Posteriormente, para observar la relación entre las variables test y las características antropométricas se aplicó el coeficiente de correlación no paramétrico de *Spearman*. El nivel de significancia establecido fue de $p \leq 0,05$. Para el tratamiento de datos se utilizó el programa estadístico SPSS (versión 21.0, IBM ® SPSS ® Statistics Inc., Chicago, IL, USA).

1.5 Resultados

En la siguiente tabla (tabla 13) se expone la fiabilidad intrasujeto de los intentos en cada uno de los test:

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	AC	CCI
ALTURA MANTENIDA D1	20,0	28,0	24,4	2,4	0,86	0,86
ALTURA MANTENIDA D2	20,0	27,7	24,7	2,3		
ALTURA MANTENIDA D3	22,7	30,0	24,7	2,3		
ALTURA MANTENIDA I1	19,3	29,3	24,0	3,4	0,93	0,82
ALTURA MANTENIDA I2	16,7	27,6	23,2	3,3		
ALTURA MANTENIDA I3	16,8	26,9	23,1	3,4		
SALTO D 1	63,9	78,6	70,9	5,4	0,92	0,81
SALTO D 2	62,4	81,0	72,1	6,0		
SALTO D 3	63,7	78,4	70,9	5,4		
SALTO I 1	61,1	79,8	70,3	7,1	0,81	0,60
SALTO I 2	61,4	79,4	69,5	5,7		
SALTO I 3	65,5	77,6	71,7	4,5		
LANZA 1 T1	64,0	72,0	66,7	2,6	0,93	0,73
LANZA 2 T1	63,0	72,0	67,3	2,7		
LANZA 3 T1	63,0	73,0	66,7	3,4		
LANZA 4 T1	63,0	73,0	66,6	3,2		
LANZA 5 T1	62,0	72,0	66,0	3,0		
LANZA 1 T2	62,0	71,0	66,1	3,6	0,93	0,74
LANZA 2 T2	62,0	71,0	65,8	2,9		
LANZA 3 T2	63,0	73,0	66,2	3,2		
LANZA 4 T2	63,0	71,0	66,5	3,2		
LANZA 5 T2	60,0	72,0	65,7	3,7		

Tabla 13. Fiabilidad intrasujeto de los intentos en cada uno de los test. D: Derecha; I: izquierda; LANZA: lanzamiento; T1: técnica de lanzamiento 1; T2: técnica de lanzamiento 2. Des. tip: desviación típica. AC: alpha de cronbach. CCI: coeficiente de correlación interclase.

En la **tabla 14** se muestran las características antropométricas (medias y desviación estándar) de los nueve jugadores.

En la **tabla 15** 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 de las con las dos técnicas utilizadas, y altura y altura mantenida de salto.

VARIABLES	Media ± DS
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 graso (%)	10,9 ± 2,1
Peso graso (kg)	8,1 ± 2,1
Porcentaje muscular (%)	48,6 ± 1,6
Peso muscular (Kg)	35,7 ± 3,5

Tabla 14. Características antropométricas (medias y DS).

VARIABLES	Media ± DS
Potencia prensa de piernas horizontal (W)	626,36 ± 63,9
Potencia <i>peck-deck</i> (W)	370,68 ± 63,1
Máxima velocidad de lanzamiento T1 (m·s ⁻¹)	18,98 ± 0,6
Máxima velocidad de lanzamiento T2 (m·s ⁻¹)	18,8 ± 0,8
Máxima altura mantenida de salto (m)	0,25 ± 0,02
Máxima altura de salto (m)	0,73 ± 0,05

Tabla 15. Variables de rendimiento (medias y DS).

Después de correlacionar 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 correlaciones entre las otras variables antropométricas y las variables de rendimiento (tabla 17).

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. Finalmente, tampoco se correlaciona los valores de la máxima potencia en la prensa de piernas y la máxima velocidad de lanzamiento, con ambas técnicas de lanzamiento.

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

	PESO	ALTURA	IMC	ENVER.	% GRASO	PESO GRASO	% MUSCULAR	PESO MUSCULAR	W PECK-DECK	W PRENSA	A.MAN	A. SALT	VEL T1	VEL T2
PESO	1,000													
ALTURA	,533	1,000												
IMC	,617	-,200	1,000											
ENVER.	,733*	,917**	,150	1,000										
% GRASO	,267	,150	,117	,333	1,000									
PESO GRASO	,633	,450	,400	,667*	,817**	1,000								
% MUSCULAR	-,033	,159	,025	,050	-,845**	-,494	1,000							
PESO MUSCULAR	,966**	,644	,542	,814**	,220	,661	,051	1,000						
W PECK-DECK	,867**	,467	,583	,717*	,217	,533	,109	,865**	1,000					
W PRENSA	,183	0,000	,217	,200	,350	,217	-,435	,186	,317	1,000				
A.MAN	,050	-,150	-,033	-,267	-,517	-,367	,251	,119	,033	0,000	1,000			
A. SALT	,083	,483	-,350	,417	-,233	-,250	,268	,136	,317	,317	,017	1,000		
MAX VEL LANZA T1	,451	0,000	,528	,136	-,179	,230	,248	,554	,502	,009	,638	-,136	1,000	
MAX VEL LANZA T2	,538	,437	,345	,563	,034	,462	,304	,658	,664	-,176	,126	,176	,734*	1,000

Tabla 16. Matriz de correlaciones entre las variables antropométricas y los test. ** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

IMC: índice de masa corporal. **ENVER:** envergadura. **% GRASO:** porcentaje grasa. **% MUSCULAR:** porcentaje muscular; **W PECK-DECK:** potencia peck-deck, **W PRENSA:** potencia prensa de piernas; **A. MAN:** altura mantenida; **A. SAL:** altura de salto; **VEL T1:** velocidad lanzamiento técnica 1; **VEL T2:** velocidad de lanzamiento técnica 2.

1.6. 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 máxima altura. Estos resultados, con la debida prudencia, podrían considerarse en la línea de los hallados por otros investigadores como Krueger⁷⁸, 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 ($r = 0,67$, $p < 0,01$). También la fuerza isométrica máxima de agarre se correlacionó moderadamente 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 lo tanto, en este tipo de movimientos, la fuerza en el antebrazo podría ser muy importante y podría estar relacionada con el lanzamiento⁷⁵.

Las diferencias en cuanto a la significación encontradas en nuestro estudio respecto a la literatura 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 lo demás, hay que destacar que en nuestro trabajo el control de la potencia se ha realizado de forma directa empleando un *encoder* lineal conectado a un MuscleLab. 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, Kruguer⁷⁸ encontraron correlación, aunque muy discreta, entre el ejercicio de abductores en máquina y la máxima velocidad de lanzamiento ($r = 0,57$, $p < 0,05$). También McCluskey⁷⁹ 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 buenos

niveles técnicos. En otros ámbitos, fuera del medio acuático, como es el caso del golf, se ha encontrado que la prensa de piernas correlacionaba con la velocidad de salida de la bola²⁰⁵.

Cuando se relacionó el ejercicio de prensa de piernas con la máxima altura de salto y la máxima altura mantenida, no se obtuvieron correlaciones ($r = 0,32$, $p > 0,05$ y $r = -0,40$, $p > 0,05$ respectivamente). De Villarreal⁸⁰ tampoco observó correlaciones entre el test de 1RM en la prensa de piernas y el test de salto vertical (SJ: *squat jump*), con el test de Sargent adaptado al agua. Platanou^{52,73} tampoco obtuvieron correlación entre el salto en seco y el salto vertical en el agua ($r = 0,25$ y $r = 0,23$ $p > 0,05$ 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^{52,132,206}.

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 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, Vila⁸² obtuvo 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^{82,142,143}. 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 biacromial⁸². Se ha observado que los jugadores que lanzaban a velocidades superiores a 15,3 m·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 velocidades⁷⁹. Platanou⁷³, constató, igual que la presente investigación, que la velocidad de lanzamiento correlacionaba con la envergadura. Finalmente Ferragut⁷⁵ 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 lo tanto, este

movimiento (rotación de tronco y hombros) beneficiaría la velocidad de salida de la bola^{83,142}.

1.7. Conclusiones

1) No se encontraron correlaciones significativas entre los valores de potencia muscular desarrollada en el *peck-deck* y los valores de la máxima velocidad de lanzamiento. Tampoco se encontraron correlaciones entre los valores del ejercicio de potencia muscular realizado en la prensa de piernas con los valores de la velocidad de lanzamiento (realizado en ambas técnicas) y la máxima altura de salto y altura mantenida.

2) Se han encontrado correlaciones entre los valores de peso, envergadura y el peso muscular y los valores de potencia mecánica realizada en la máquina de *peck-deck*.

2. ESTUDIO 2: valorar y comparar la fuerza de empuje, la fuerza de nado, la velocidad de lanzamiento, la altura de salto y altura mantenida entre jugadores y jugadoras de waterpolo de diferentes categorías.

2.1. Abstract

Objetivos

Valorar y comparar los valores de los test de fuerza de empuje frontal, empuje de espaldas y de nado, de altura de salto, de altura mantenida y de la velocidad de lanzamiento realizados en el medio acuático, entre categorías dentro de cada uno de los sexos, y entre sexos dentro de cada una de las categorías.

Diseño del estudio

Se determinaron los valores de fuerza de empuje frontal, de espaldas y de nado mediante una goma elástica fijada a una pared y conectada al *Musclelab* (*galga extensiométrica*). La velocidad de lanzamiento, realizada con dos técnicas distintas, fue medida con el radar de velocidad. Finalmente, se midió la máxima altura de salto y altura mantenida con la cámara de filmación de alta velocidad.

Material y métodos:

- Sujetos:

Participaron 51 jugadores de ambos sexos pertenecientes a la Selección Catalana y Española de Waterpolo. Las categorías de estudio fueron: infantiles masculinos (n = 10), infantiles femeninas (n = 9), cadetes masculinos (n = 9), cadetes femeninas (n = 6), juveniles masculinos (n = 7), juveniles femeninas (n = 10).

Resultados

Se mostró significancia estadística por el efecto de la variable sexo y la categoría en todos los test realizados. Solo se determinó la existencia de interacción (sexo * categoría) en las variables de fuerza de empuje frontal y de espaldas. Las velocidades de lanzamiento disminuyeron en situación de precisión. Con la técnica de lanzamiento T1 (lanzamiento directo) se obtuvieron mayores velocidades que con la técnica de lanzamiento T2 (lanzamiento con doble finta) cuando no se requirió de precisión, pero no en situación de precisión.

Discusiones y conclusiones

El sexo masculino presentó mayores valores de fuerza que el sexo femenino en los diferentes test realizados. Se observó que los valores de fuerza, salto, altura mantenida y velocidad de lanzamiento aumentaban con la edad en todos los test.

Palabras clave: waterpolo, evaluación y fuerza específica.

2.2. Introducción

El waterpolo es uno de los deportes olímpicos más antiguos, tiene más de cien años de historia, y en su evolución se ha ido convirtiendo en una modalidad cada vez más exigente. Se le ha descrito como un deporte de equipo de naturaleza intermitente, en el que se combinan de forma aleatoria actividades de corta duración y alta intensidad, con periodos de baja intensidad y duración variada³⁹, en el que las vías metabólicas de la potencia y capacidad anaeróbica aláctica son muy importantes y determinantes^{34,207}.

Es un deporte con frecuentes interrupciones, en el que el tiempo real de juego puede multiplicar por 1,6 el tiempo teórico³⁷. Las acciones de trabajo de corta duración (5 y 10 s, máximo 20 s) son las predominantes^{34,38,39}, con unos tiempos de pausa que mayoritariamente son inferiores a los 5 s³⁷. En un porcentaje importante del partido, entre un 45,0 % a 55,0 % del tiempo total, el jugador permanece en posición horizontal, y el tiempo restante se mantiene en posición vertical, con o sin contacto con el adversario³⁸. Las acciones de contacto, producidas por los continuos forcejeos para ganar la posición y/o lanzar con una posición favorable, suponen el 12,9 % del tiempo total, mientras las acciones de nado, realizadas en las transiciones de un lado al otro de la piscina comprenden un 20,0 % del tiempo total y llegan a superar ligeramente los 1500 m de distancia⁴⁰. En función de la posición de juego las demandas físicas y fisiológicas son distintas entre ellas. Los jugadores exteriores predominan en las acciones de defensa (bloqueo, saltos y faltas) y en desplazamiento con el cuerpo vertical o flotando. En cambio, los boyas y defensores de boya, respectivamente, son los que realizan más acciones de contacto³⁵. Otra de las posiciones de juego importantísima es la del portero. Se

caracteriza por realizar actividades de corta duración, inferiores a 15 s, a media y alta intensidad. Los saltos y elevaciones de las manos son menos frecuentes, con duraciones inferiores a los 2 s y seguidas por actividades más intensas, como la preparación para el salto. Los periodos de recuperación son más prolongados (45 s), en los cuales el juego se está desarrollando en el campo contrario^{22,29}. En el género femenino, el waterpolo no fue incluido en el calendario olímpico hasta Sídney 2000. Por este motivo, existen escasos estudios que hayan tratado el análisis del time-motion⁵⁰. Asimismo, son pocas las publicaciones realizadas en categorías inferiores. Esta escasa información ha estado limitada al examen de los perfiles antropométricos y a la evaluación de las capacidades técnicas y de nado^{58,59}.

Disponer de herramientas para poder controlar y valorar las distintas manifestaciones de fuerza facilitará a los entrenadores la mejora del entrenamiento de sus deportistas. Para ello se utilizan tanto test genéricos y específicos generales, aquellos realizados en el gimnasio o en seco, como test específicos dirigidos, aquellos que se ejecutan en el medio acuático.

La valoración de la fuerza genérica y específica general ha sido poco investigada. Mayoritariamente, los objetivos han sido determinar los perfiles de rendimiento de fuerza general de la musculatura de los cuádriceps, pectoral, dorsal, antebrazo^{74,82,85}, siendo la valoración de la fuerza explosiva mediante el salto vertical el test más utilizado^{69,76,79}. Para la evaluación de desequilibrios musculares del hombro y la prevención de lesiones se ha testado la musculatura rotadora del hombro y se han analizado sus ratios (rotación externo/rotación interna)⁷¹⁻⁷³. Además, existe interés en establecer

correlaciones entre los ejercicios genéricos y específicos generales con acciones específicas dirigidas⁷⁸, examinar los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento y su monitorización a lo largo de una temporada⁶⁹, así como en establecer comparaciones entre categorías de edad y entre situaciones de entrenamiento con las de competición⁷⁴.

Por otro lado, se ha observado un interés creciente en evaluar las manifestaciones específicas de la fuerza, pero aun así las publicaciones son escasas^{52,68,74,77,88,134}. Existen pocos estudios que evalúen la fuerza de empuje, centrados en medir la fuerza de empuje frontal con pataleo alternativo y simultáneo^{87,88}. Solo uno de ellos evaluó la fuerza de empuje hacia atrás⁸⁶. En la misma línea, la fuerza de nado, poco evaluada en el ámbito del waterpolo, solo se encontró evaluada en dos publicaciones^{68,86}.

La altura de salto es una de las manifestaciones que ha despertado mayor interés, se ha evaluado la máxima altura de salto alcanzada con la mano en una tabla de medida, sistema de lamas^{52,68,74,77,88,134}, mediante un sistema de filmación (cámara, 2D o fotometría)⁸⁶ o mediante fotocélulas, que registran el paso de la cabeza para su cálculo⁵¹. Otros se han centrado en la evaluación de la capacidad de repetir saltos durante 30 s^{135,136} o el tiempo en realizar 10 saltos¹³⁷.

Finalmente, la velocidad de lanzamiento, por su determinación en los resultados del partido, es otra de las habilidades evaluadas con más interés en las investigaciones del waterpolo. Sus orientaciones principales se han centrado en testar la máxima velocidad de lanzamiento directo con y sin

portero^{73,82,148} o con una red en la portería o combinando esta con la presencia de portero¹⁴⁷.

En la literatura científica no se ha encontrado ningún estudio transversal y realizado en ambos sexos dedicado al waterpolo que valore las distintas manifestaciones de fuerza: empuje, nado, velocidad de lanzamiento y altura de salto y altura mantenida de salto. Por eso, la presente investigación pretende hacer una propuesta de algunos test para complementar los existentes y realizarlo en ambos sexos y distintas categorías de edad.

2.3. Objetivos

- Determinar y comparar los valores de fuerza (empuje frontal, empuje de espaldas y nado), de altura de salto, altura mantenida y velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta; con y sin exigencia de precisión) realizados en el medio acuático de un grupo de jugadores/as de waterpolo en diferentes edades–categorías.

Objetivos secundarios:

- Correlacionar los valores de las características antropométricas (peso, altura, IMC, envergadura) con los valores de los test de fuerza (empuje frontal, empuje de espaldas y de nado), de la altura de salto, de altura mantenida y de la velocidad de lanzamiento (con dos técnicas distintas: lanzamiento con apoyo inicial del balón en el agua y lanzamiento con doble finta; y con y sin exigencia de precisión) realizados en el medio acuático.

- Observar si la máxima velocidad de lanzamiento se modifica en función de la técnica y situación de lanzamiento (con y sin exigencia de precisión).
- Analizar si la velocidad de lanzamiento con precisión se modifica en función de la eficacia.

2.4. Material y métodos

- *Sujetos*

En el presente estudio participaron un total de 51 jugadores de ambos sexos pertenecientes a la Selección Catalana y Española de Waterpolo. Las categorías de estudio fueron: infantiles masculinos (n = 10), infantiles femeninas (n = 9), cadetes masculinos (n = 9), cadetes femeninas (n = 6), juveniles masculinos (n = 7), juveniles femeninas (n = 10). Las características antropométricas de cada una de las categorías de estudio se pueden observar en la tabla adjunta (Tabla 17):

	Nº sujetos	Edad (años)	Masa Corporal (Kg)	Altura (cm)	IMC (kg·m ⁻²)	Envergadura (cm)
Infantiles femeninas	9	14 ± 0,0	55,4 ± 5,5	165 ± 5,2	20,5 ± 1,1	168,3 ± 6,1
Infantiles masculinos	10	14 ± 0,0	63,5 ± 6,8	174,9 ± 8,8	20,8 ± 2,3	179,5 ± 9
Cadetes femeninas	6	15,3 ± 0,5	59,8 ± 3,9	168,7 ± 3,1	21,1 ± 1	172,9 ± 4,2
Cadetes masculinos	9	15,6 ± 0,6	68,5 ± 8,4	179,3 ± 6,1	21,3 ± 2,3	185,2 ± 5,5
Juveniles femeninas	9	17,5 ± 0,5	68,9 ± 9,0	174,6 ± 2,7	22,7 ± 3,3	176 ± 2,6
Juveniles masculinos	7	17,3 ± 0,5	79,4 ± 3,8	187,3 ± 5,9	22,7 ± 1,1	195,1 ± 5,3

Tabla 17. Variables antropométricas de las distintas categorías de jugadores de waterpolo en ambos sexos. Media ± DS.

Los criterios de inclusión de los participantes se detallan a continuación:

No tener ninguna lesión o enfermedad que pudiera limitar el rendimiento deportivo.

- Ser deportista de élite.
- Estar activos en la práctica competitiva de élite.
- Presentar un nivel de salud correcto que no pudiera limitar el rendimiento deportivo.
- Ocupar una de las siguientes posiciones de juego en el campo: boya, defensor de boya o atacante.

Todos los participantes firmaron por escrito un documento de consentimiento en el que se especificaron las características del proyecto, además del uso estrictamente científico que se haría de los resultados, imágenes y secuencias de vídeo que se registrasen, según se especifica en la Declaración de Helsinki de 1975 (revisada en Tokio en 2004).

- ***Material***

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

- Velocímetro Stalker Pro (Applied Concepts Inc., Plano Texas, TX, USA) con una precisión ± 0.1 MPH, rango de velocidad 1 -300 MPH, 1-480 KPH con una frecuencia de registro de 100Hz y con 0,045 sensibilidad m.s⁻¹. Las unidades de medida se expresaron en m/s⁻¹.
- Equipo de valoración para la fuerza y la potencia Muscledab Model 4000/4000e (Ergotest innovation A.S, Porsgrunn Norway) y galga

extensométrica. Las unidades de los valores de fuerza obtenidos se expresaron en newtons (N).

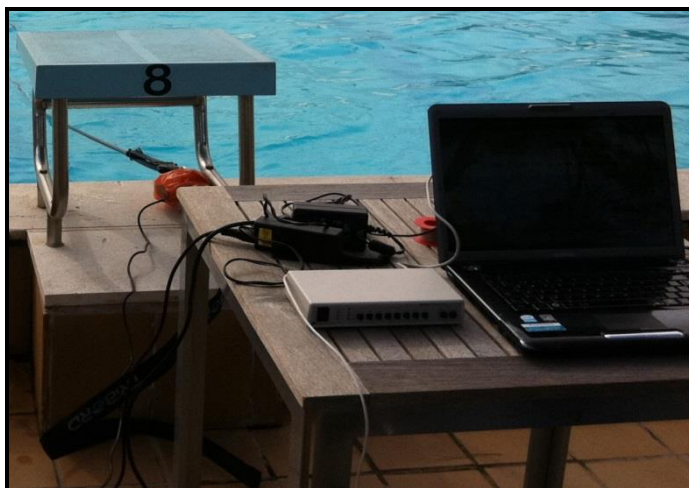


Figura 6. Esquema de la valoración de la fuerza de empuje y nado con el Musclelab.

- Portería reglamentaria de waterpolo (medidas de 3 x 0,90 m).
- Red de precisión para los lanzamientos. Contiene 5 orificios (cada uno con una superficie de 40 x 40 cm) distribuidos de la siguiente manera: tres orificios arriba y dos abajo.



Figura 7. Esquema de las zonas de acierto de la portería en situación de precisión.

- Balón de waterpolo, modelo Mikasa. En el sexo masculino el balón es el número 5 y debe pesar entre 400 y 450 gramos, con un diámetro de 0'68 – 0'71 m y una presión de 90 a 97 kPa. Hay adaptaciones según la categoría: El balón en el sexo femenino debe tener una circunferencia de 0'65 a 0'67 m y una presión de 83 a 90 kPa. Hay adaptaciones según la categoría: infantil, alevín y júnior número 4, y la de categoría benjamín, el número 3.
- Goma y cinturón de arrastre de natación. El cálculo de la resistencia del elástico se midió con el Muscledab. Para ello, se anotó los newtons de fuerza generados en cada metro de estiramiento hasta los 8 m de longitud. La relación fuerza-deformación media obtenida de la pendiente de la recta fue de 30,0 N/m.

Longitud (m)	Fuerza (N)
1	69,37
2	109
3	139
4	169
5	197
6	226
7	257
8	283

Taula 18. Cálculo de la resistencia del elástico. Relación fuerza-deformación hasta los 8 m.

- Material de cineantropometría: báscula (kg), tallímetro (cm), cinta antropométrica (cm), plicómetro (mm), paquímetro (mm) y antropómetro (cm).
- Cámara de filmar Casio EXILIM High speed EXFC 100.

- Programa análisis de video Kinovea 0.8.7. Las unidades se expresaron en cm y m.

Procedimiento

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

El procedimiento que se aplicó para el desarrollo del presente estudio consistió en pasar los test que se describen a continuación en tres días diferentes, de esta forma se trataba de evitar la posible influencia de la fatiga acumulada. El orden de realización de las pruebas fue el siguiente: primer día, valoración de la fuerza de nado y fuerza de empuje; segundo día, determinación de la velocidad de lanzamiento; tercer y último día, evaluación de la máxima altura de salto y la altura mantenida.

Para evitar que la fatiga condicionara los resultados, la batería se pasó al inicio del microciclo, después de un periodo de 48 horas de descanso. Además, se avisó a los participantes de que siguieran una dieta normalizada y hábitos saludables los días anteriores a los test.

Antes de realizar las pruebas de campo, todos los sujetos se familiarizaron con los protocolos, material y características de las mismas. De esta manera, se garantizó la correcta ejecución de cada uno de los test en la fase experimental.

Los protocolos presentan las siguientes características:

- **Valoración de la fuerza de empuje**

La finalidad es valorar los niveles de fuerza máxima generadas en las acciones de empuje dentro del agua. Para ello se realizaron dos test:

- Test de fuerza de empuje de espaldas.
- Test de fuerza de empuje frontal.

Para ello utilizamos la galga extensiométrica del Muscledlab previamente calibrada para obtener exactitud en los valores. Las medidas se expresaron en Newtons (N). Para la medición se fijó a los sujetos con una goma atada al cinturón de arrastres (colocado justo por encima del borde superior de la cresta iliaca) conectada a la galga extensiométrica. El otro lado de la goma estaba atado en el soporte de la piona de salida.

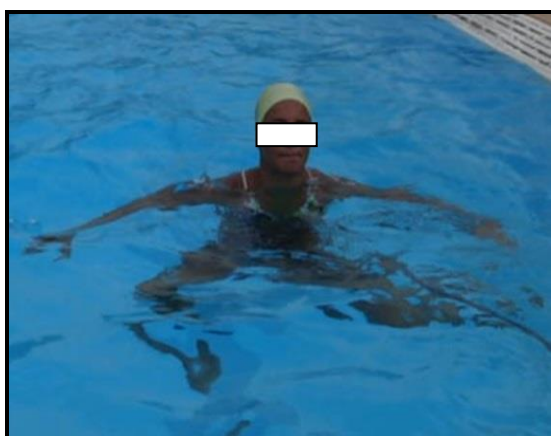
Todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado previo a la realización de los test, que consistió en 5 min de nado, 5 min de ejercicios generales y 5 min de movimientos específicos.

Antes de proceder a la ejecución de los test, se les volvió a dar las explicaciones necesarias para que los sujetos realizaran correctamente cada una de las pruebas.

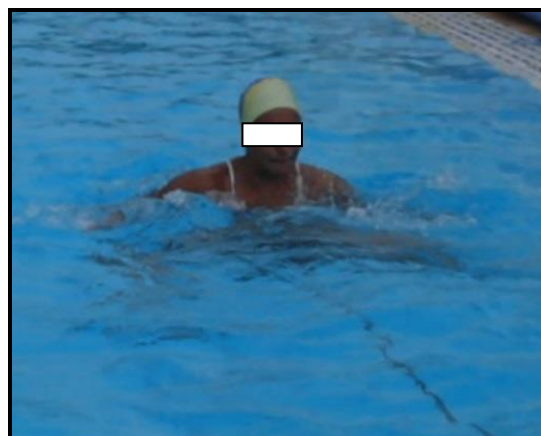
. Valoración de la fuerza de empuje de espaldas

Con este test valoraremos los niveles de fuerza máxima generados en el agua, ejecutando una acción de empuje de espaldas para simular los movimientos técnicos que realiza el jugador que desarrolla el rol de boya.

La posición de partida del sujeto es de espaldas con la goma atada en la parte frontal y el tronco vertical. Sin orden previa y de forma libre, el jugador empuja de espaldas, con la ayuda de piernas y brazos al mismo tiempo, manteniendo la verticalidad del tronco. En ningún caso se puede ayudar con la pared. El test finaliza cuando ya no consigue aumentar la distancia de desplazamiento, y alcanza la velocidad cero y los niveles de fuerza empiezan a bajar¹¹³. En ese momento se le indica con un silbato la finalización de la prueba. En el presente estudio, cada jugador/a realizó tres intentos con un descanso de 3 min entre repeticiones. Se aplicó una línea de tendencias polinómica de grado cuatro para suavizar los valores y determinar el valor máximo. Para el análisis de los resultados, se utilizó la media de los tres intentos.



Posición inicial.



Acción de empuje.

Figura 8. Posición inicial y acción de la fuerza de empuje de espaldas.

. Valoración de la fuerza de empuje frontal

Con este test valoraremos los niveles de fuerza máxima generados en el agua, ejecutando una acción de empuje frontal y simulando los movimientos técnicos que realiza el jugador que desarrolla el rol de defensor de boya.

La posición de partida del sujeto es frontal y con el tronco ligeramente estirado, con la goma atada en la parte posterior. Sin orden previa y de forma libre, el jugador empuja frontalmente utilizando las piernas y sin ayuda de brazos. En ningún caso se puede ayudar con la pared. El test finaliza cuando ya no consigue aumentar la distancia de desplazamiento y alcanza la velocidad cero. En ese momento se le indica con un silbato la finalización del test. Cada jugador realizó tres intentos, con un descanso de 3 min entre repeticiones. Se aplicó una línea de tendencias polinómica de grado cuatro para suavizar los valores y determinar el valor máximo. Para el análisis de los resultados se utilizó la media de los tres intentos.



Posición inicial.



Acción de empuje.

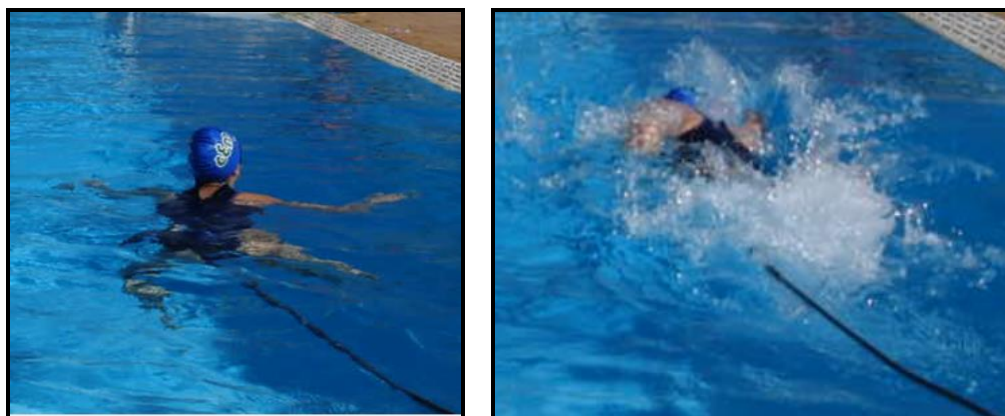
Figura 9. Posición inicial y acción de la fuerza de empuje frontal.

- Valoración de la fuerza de nado

La finalidad de este test es valorar los niveles de fuerza máxima generados en la acción de nado en el agua.

Del mismo modo que en el test anterior, para su evaluación se utilizó la galga extensiométrica conectada, por un extremo, al Muscledab y, por el otro atado, al cinturón de arrastres.

La posición inicial del sujeto es frontal con el cuerpo ligeramente estirado y la goma atada al cinturón de arrastres (colocado justo por encima de la cresta iliaca). Sin orden previa y de forma libre, el sujeto se propulsa realizando la acción de nado a la máxima intensidad. El test finaliza cuando el sujeto alcanza la máxima fuerza generada a velocidad cero. En este momento se le indica con un silbato la finalización del test. Cada jugador realizó tres intentos, con un descanso de 3 min entre repeticiones. Se aplicó una línea de tendencias polinómica de grado cuatro para suavizar los valores y determinar el valor máximo. Para el análisis de los resultados se utilizó la media de los tres intentos.



Posición inicial.

Acción de nado.

Figura 10. Posición inicial y acción de la fuerza de nado.

- **Valoración del salto vertical y altura mantenida**

En este apartado se han planteado dos objetivos:

- Valorar la máxima altura vertical.
- Valorar la máxima altura que el jugador puede mantener su cuerpo fuera del agua durante 5 s.

Para su registro se utilizó, en ambos casos, una cámara de filmación de alta velocidad (30 fps) y un trípode. Esta se colocó frontalmente a una distancia de 6 metros del jugador y a una altura de 0,5 m del suelo. Además, se empleó una tabla de madera, de un metro de longitud con líneas marcadas cada cinco centímetros. Esta se colocó atada en uno de los palos de la portería, para utilizarla como referencia de distancias en el tratamiento de datos. El programa Kinovea utilizado para la obtención de los resultados ha sido validado y considerado ser un método fiable para el cálculo de la altura de salto vertical con la cámara de filmación²⁰³ y utilizado en algunos estudios²⁰⁴.

Todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado previo a la realización de los test, que consistió en 5 min de nado, 5 min de ejercicios generales y 5 min de movimientos específicos.

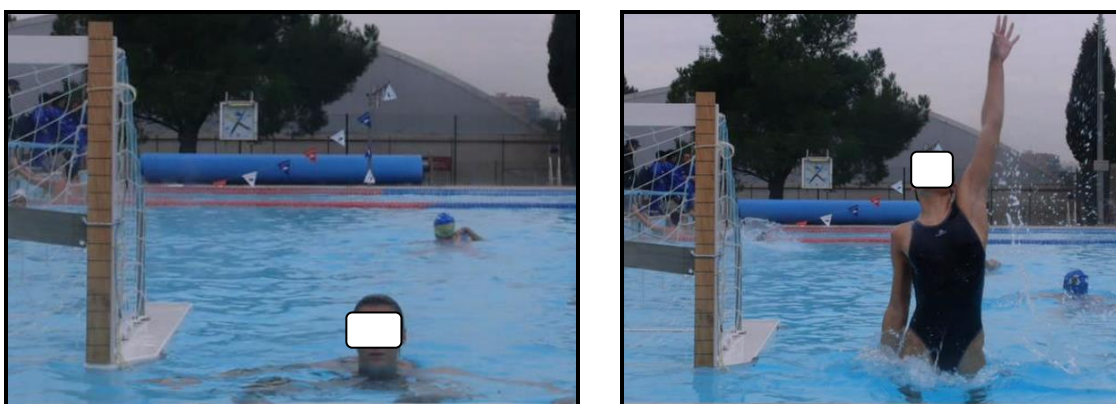
. **Máxima altura vertical**

La finalidad de esta prueba es medir la máxima altura vertical que el jugador puede mover su cuerpo fuera del agua.

En la fase inicial del test, el sujeto se mantiene flotando con la 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 recorrido vertical con la mano. En todo momento, el jugador debe 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 de la apófisis del mentón.



Posición inicial.

Posición final.

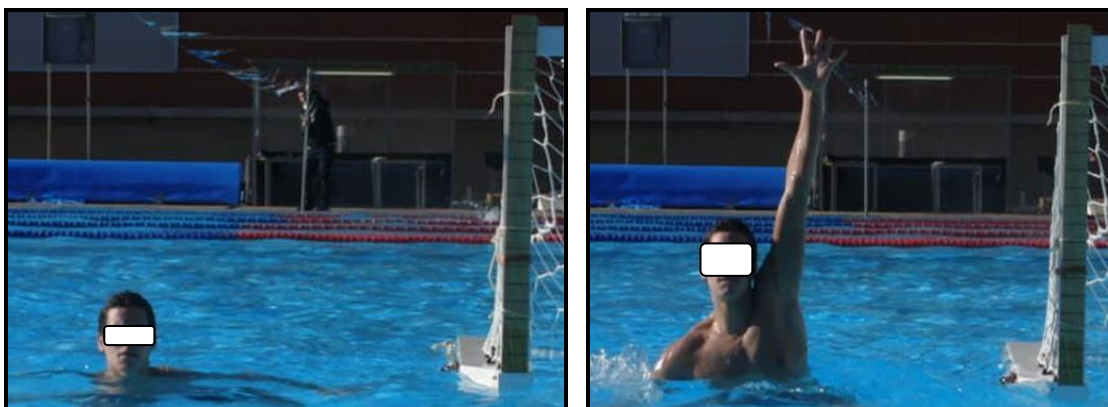
Figura 11. Posición inicial y final de la altura de salto

. Altura mantenida

La finalidad de esta prueba es medir la máxima altura que el jugador puede mantener su cuerpo fuera del agua durante 5 s.

En la fase inicial del test, el sujeto se mantiene flotando con la 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 s. Durante la realización del test, el sujeto tiene que permanecer con el brazo levantado,

simulando así la acción de bloqueo. Asimismo, durante la ejecución, el jugador debe mantener la posición de la cabeza mirando hacia al frente y sin moverla. En todo momento el cuerpo debe 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 de la apófisis del mentón. La medición empieza en el momento que el jugador obtiene la máxima altura y se registra durante 5 s. El resultado se obtiene haciendo una media de este intervalo de tiempo de 5 s. Se realizaron tres repeticiones con cada brazo y se estableció un descanso de 3 min entre repeticiones.



Posición inicial.

Altura mantenida.

Figura 12. Posición inicial y acción de la altura mantenida de salto

- **Valoración de la velocidad de lanzamiento**

Para el registro de la velocidad máxima del balón se empleó el radar StalkerPro. Como se ha podido observar en artículos científicos publicados en el ámbito del deporte, el radar es una herramienta de valoración objetiva de la velocidad de un proyectil¹⁴². Sus principales ventajas residen precisamente en

la rápida aportación de la información, la posibilidad de ser utilizado a situaciones próximas a la realidad competitiva y su facilidad de uso. El principal inconveniente en el uso del radar como instrumento de medida en el deporte viene determinado por los factores que pueden distorsionar la medida: existencia de aparatos que puedan emitir ondas similares, ángulo de movimiento del objeto respecto al radar, nivel de sensibilidad, existencia de distintos objetos en movimiento dentro del rango de alcance del radar y su perfecta calibración.

Para el registro de la velocidad de lanzamiento el radar se colocó orientado frontalmente, a 3 m por detrás de la portería, quedando protegido por la malla, y a 9 m del jugador. Para que la medida fuera precisa, se colocó el radar de manera que el balón se dirigiera hacia el aparato de forma rectilínea, y de esta forma evitar el error en la medida llamado “efecto coseno”²⁰². En caso contrario, la velocidad registrada es inferior a la real del móvil y para corregir este error hay que multiplicar la velocidad registrada por el coseno del ángulo creado entre la dirección del objeto y la orientación del radar.

Para su evaluación, se desarrollaron dos test con los siguientes objetivos:

- Determinar la velocidad máxima de lanzamiento utilizando dos técnicas distintas (lanzamiento directo y con doble finta).
- Determinar la velocidad máxima de lanzamiento con precisión, empleando las dos técnicas.

Los tipos de lanzamiento utilizados para la evaluación se describen a continuación:

- (Tipo 1) Lanzamiento directo con balón apoyado en el agua: el sujeto inicialmente 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.
- (Tipo 2) Lanzamiento con doble finta: el jugador inicia el lanzamiento con el brazo armado; a continuación, realiza dos fintas consecutivas sin parada y lanza el móvil hacia la portería.

Todos los lanzamientos se llevaron a cabo con la mano hábil.

Todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado previo a la ejecución de los test, que consistió en 5 min de nado, 5 min de pases en movimiento y rotación completa y 5 min de lanzamientos a portería.

Antes de proceder a la ejecución de los test, se les volvió a dar las explicaciones necesarias para que los deportistas los realizaran correctamente.

. Valoración de la velocidad máxima de lanzamiento

Para su evaluación, cada jugador ejecutó cinco lanzamientos seguidos a la máxima velocidad desde la zona de 6 m. Los cinco lanzamientos se realizaron con las técnicas descritas anteriormente y en el mismo orden presentado.

Entre cada tipo del lanzamiento se dejó un periodo de recuperación de 5 min. Los intentos se realizaron sin portero y debían 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. Una vez finalizado el test, se extrajo la velocidad máxima, la media aritmética y desviación estándar de los cinco intentos.

. Valoración de la velocidad máxima de lanzamiento con precisión

Para determinar la máxima velocidad de lanzamiento con precisión, en una de las porterías se colocó una red con cinco agujeros (cada uno con una superficie de 0,40 m x 0,40 m) distribuidos de la siguiente manera: tres arriba y dos debajo.

Para su evaluación, cada jugador ejecutó cinco lanzamientos seguidos a la máxima velocidad desde la zona de 6 m. Los cinco lanzamientos se realizaron en ambas técnicas descritas anteriormente y con el mismo orden presentado. No se podía repetir ningún lanzamiento en el mismo orificio. Entre cada tipo de lanzamiento se dejó un periodo de recuperación de 5 min. Las repeticiones se hacían libremente y sin orden previa. De cada lanzamiento se anotó la velocidad y su eficacia (dentro o fuera) en una hoja de registro. Una vez finalizado el test se extrajo la velocidad máxima, la media aritmética y desviación estándar de los cinco intentos.

Se colocó el radar a 3 m de distancia por detrás de la portería y en línea al jugador. La distancia entre el radar y el jugador era de 9 m.

Cada grupo utilizó el balón que le corresponde reglamentariamente en función de su categoría y sexo.

Antes de proceder a la ejecución de los test, se les volvió a dar las explicaciones necesarias para que los sujetos las realizaran correctamente.

- **Análisis cineantropométrico**

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, y a partir de estos se calculó el índice de masa corporal (IMC). Además, se midió la envergadura mediante el antropómetro (Holtain Harpenden Anthropometer) con una precisión de 1 mm.

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 Vallés.

- **Tratamiento estadístico**

Se han obtenido los datos estadísticos descriptivos, media y desviación estándar (Ds) para cada una de las variables de interés. Se han calculado el Alfa de Cronbach (AC) y el coeficiente de correlación interclase (CCI) para determinar la fiabilidad (mediciones estables y consistentes) de las diferentes realizaciones de cada test. Se ha contrastado la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para contrastar diferencias entre sexos y categorías en cada una de las variables de rendimiento, se ha utilizado el modelo lineal con dos factores con interacción. Se llevaron a cabo las comparaciones múltiples *a posteriori* dos a dos aplicando la corrección de Bonferroni. Las variables dependientes fueron los resultados de los test y las variables independientes el sexo y la categoría y la interacción entre ambas.

Para contrastar si existían diferencias entre la velocidad de lanzamiento en función del tipo de técnica (T1 y T2) y la situación del lanzamiento (con y sin precisión), se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas. Para contrastar diferencias en la fuerza de empuje frontal y de espaldas, se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Finalmente, para cuantificar la relación lineal entre las variables de interés, se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson. Todos los contrastes de hipótesis fueron realizados considerando un error alfa del 5,0 % (confianza del 95,0 %). También se indicó la potencia observada de cada test. Para el tratamiento de los datos, se utilizó el programa de estadística SPSS (versión 21.0, IBM ® SPSS ® Statistics Inc., Chicago, IL, USA).

2.5. Resultados

En la siguiente tabla (tabla 19) se expone la fiabilidad intrasujeto de los intentos en cada uno de los test:

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	AC	CCI
F. Boya 1	76,8	233,7	151,0	45,4	0,99	0,99
F. Boya 2	84,9	234,5	150,9	45,1		
F. Boya 3	81,7	236,2	152,6	44,7		
F. Def. Boya 1	76,9	206,0	134,4	30,6	0,99	0,98
F. Def. Boya 2	79,3	207,0	133,3	29,5		
F. Def. Boya 3	76,9	207,5	131,9	29,9		
F. Nado 1	87,5	206,5	144,6	34,7	0,99	0,98
F. Nado 2	82,2	204,7	142,5	33,8		
F. Nado 3	81,1	203,7	142,6	32,7		
Altura mantenida D 1	12,6	28,0	21,1	3,5	0,94	0,85
Altura mantenida D 2	13,9	27,8	20,9	3,7		
Altura mantenida D 3	12,8	30,1	21,1	3,7		
Altura mantenida E 1	12,5	29,4	20,4	3,8	0,94	0,85
Altura mantenida E 2	14,1	27,7	20,5	3,4		
Altura mantenida E 3	10,8	27,2	20,3	3,7		
Salto D 1	49,2	79,3	67,0	6,7	0,96	0,98
Salto D 2	49,5	81,0	66,3	6,7		
Salto D 3	48,6	78,4	66,6	6,6		
Salto I 1	47,8	79,9	66,6	6,9	0,95	0,87
Salto I 2	47,8	82,2	65,8	6,8		
Salto I 3	47,0	77,7	66,0	6,7		
Vel. Lanza. 1 T1	45,0	75,0	57,7	7,5	0,99	0,96
Vel. Lanza. 2 T1	44,0	75,0	58,2	7,7		
Vel. Lanza. 3 T1	44,0	73,0	57,9	7,1		
Vel. Lanza. 4 T1	46,0	73,0	58,0	7,5		
Vel. Lanza. 5 T1	46,0	73,0	57,9	7,2		
Vel. Lanza. 1 T2	42,0	73,0	57,4	7,4	0,99	0,95
Vel. Lanza. 2 T2	45,0	73,0	57,1	7,1		
Vel. Lanza. 3 T2	45,0	73,0	57,3	7,2		
Vel. Lanza. 4 T2	45,0	72,0	57,4	7,3		
Vel. Lanza. 5 T2	44,0	72,0	57,6	7,2		
Vel. Lanza. Pre. 1 T1	30,0	68,0	54,5	8,4	0,98	0,91
Vel. Lanza. Pre. 2 T1	38,0	66,0	54,0	7,4		
Vel. Lanza. Pre. 3 T1	36,0	69,0	54,8	8,5		
Vel. Lanza. Pre. 4 T1	38,0	72,0	54,4	7,9		
Vel. Lanza. Pre. 5 T1	41,0	69,0	54,8	8,0		
Vel. Lanza. Pre. 1 T2	39,0	68,0	54,3	7,5	0,98	0,92
Vel. Lanza. Pre. 2 T2	39,0	66,0	53,6	7,0		
Vel. Lanza. Pre. 3 T2	40,0	70,0	54,5	7,6		
Vel. Lanza. Pre. 4 T2	39,0	71,0	53,9	7,9		
Vel. Lanza. Pre. 5 T2	40,0	72,0	54,2	8,1		

Tabla 19. Fiabilidad intrasujeto de los intentos en cada uno de los test. **Des. típ:** desviación típica. **AC:** alpha de cronbach. **C.C.I:** coeficiente de correlación interclase.

En la siguiente tabla 20 se muestran los datos estadísticos descriptivos de los diferentes test en ambos sexos en cada una de las categorías:

	F.E.ES	F.E.FR	F.NAD (N)	F.R.NAD	A.MAN	A.R.MAN	A.SAL	A.R.SAL	VEL T1	VEL T2	VEL. PRE. T1	VEL. PRE. T2
	(N)	(N)	(N)	(N/kg)	(cm)	(cm/kg)	(cm)	(cm/kg)	(km/h)	(Km/h)	(Km/h)	(Km/h)
Infantil (M) (n = 9):	135,8 ± 15,5	122,4 ± 10,9	127,7 ± 10,5	2,0 ± 0,1	19,1 ± 3,1	0,30 ± 0,05	65,5 ± 3,7	1,04 ± 0,12	60,5 ± 2,5	59,6 ± 2,6	57,7 ± 4,1	55,7 ± 2,7
Infantil (F) (n = 10):	91,5 ± 6,6	95,0 ± 10,7	94,1 ± 4,2	1,7 ± 0,1	18,0 ± 2,0	0,32 ± 0,03	58,1 ± 6,3	1,06 ± 0,17	48,8 ± 2,6	48,5 ± 2,6	43,0 ± 2,3	43,6 ± 2,3
Cadete (M) (n = 6):	206,0 ± 19,7	163,8 ± 8,4	180,0 ± 15,1	2,6 ± 0,1	21,7 ± 2,1	0,32 ± 0,04	70,5 ± 4,2	1,04 ± 0,15	62,8 ± 3,4	61,6 ± 3,1	60,1 ± 2,2	59,5 ± 2,8
Cadete (F) (n = 9):	129,4 ± 17,5	114,0 ± 11,9	129,5 ± 9,5	2,1 ± 0,0	20,3 ± 2,6	0,34 ± 0,05	64,0 ± 1,7	1,07 ± 0,07	52,1 ± 1,2	51,6 ± 1,9	49,1 ± 2,8	48,8 ± 2,3
Juvenil (M) (n = 9):	212,9 ± 15,1	178,3 ± 1*4,3	186,0 ± 12,6	2,3 ± 0,1	25,1 ± 2,6	0,31 ± 0,04	72,2 ± 5,1	0,91 ± 0,07	69,5 ± 3,1	69,0 ± 3,0	65,0 ± 2,7	65,2 ± 2,8
Juvenil (F) (n = 7):	142,3 ± 7,4	130,5 ± 10,1	147,7 ± 13,6	2,1 ± 0,3	20,9 ± 3,2	0,31 ± 0,07	68,1 ± 4,5	1,00 ± 0,16	54,3 ± 2,7	54,3 ± 2,8	52,4 ± 3,6	52,2 ± 3,6

Tabla 20. Datos estadísticos descriptivos (Media y Ds) de cada una de los test realizados en las distintas categorías en ambos sexos (**M**: masculino, **F**: femenino). **F.E.ES**: fuerza empuje de espaldas; **F.E.FR**: fuerza de defensa boya **FNAD**: fuerza de nado; **F. R. NAD**: fuerza relativa de nado; **A. MAN**: altura mantenida; **A. R. MAN**: altura relativa mantenida; **A. SAL**: altura de salto; **A. R. SAL**: altura relativa de salto; **VEL T1**: velocidad lanzamiento técnica 1; **VEL T2**: velocidad de lanzamiento técnica 2; **VEL. PRE. T1**: velocidad de lanzamiento con precisión técnica 1; **VEL. PRE.T 2**: velocidad de lanzamiento con precisión técnica 2.

2.5.1. Resultados de la fuerza de empuje

En el test de fuerza de empuje de espaldas se encontró significación estadística al analizar el efecto de la variable sexo ($F= 248,6$; $p < 0,001$, Eta al cuadrado parcial = $0,84$; potencia observada = $1,0$) siendo el grupo masculino el que obtuvo valores mayores. Se observaron diferencias significativas en el efecto de la categoría ($F = 104,3$; $p < 0,001$, Eta al cuadrado parcial = $0,82$, potencia observada = $1,0$) incrementándose los valores conforme aumentaba la edad. Se determinaron diferencias entre infantiles y cadetes ($p < 0,001$) y entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$). No se establecieron diferencias significativas entre cadetes y juveniles. La interacción (sexo * categoría) en esta variable fue significativa ($F = 6,3$; $p = 0,004$; eta al cuadrado parcial = $0,22$; potencia observada = $0,88$). Concretamente, al comparar el grupo masculino y femenino en cada una de las categorías se observaron diferencias significativas en infantiles ($F = 46,0$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,50$; potencia observada = $1,0$), cadetes ($F = 104,9$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,70$; potencia observada = $1,0$) y juveniles ($F = 101,7$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,69$; potencia observada = $1,0$). Estas diferencias entre grupos no se mantuvieron constantes a lo largo de las categorías como ilustra la Figura 12 de la interacción entre sexo y categoría. En la categoría infantil la diferencia entre sexos es menor que las diferencia en las categorías cadete y juvenil. Además, los resultados indicaron diferencias significativas en cada uno de los sexos, entre infantiles y cadetes ($p < 0,001$) y entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$). Estas diferencias no se determinaron entre cadetes y juveniles ($p > 0,05$).

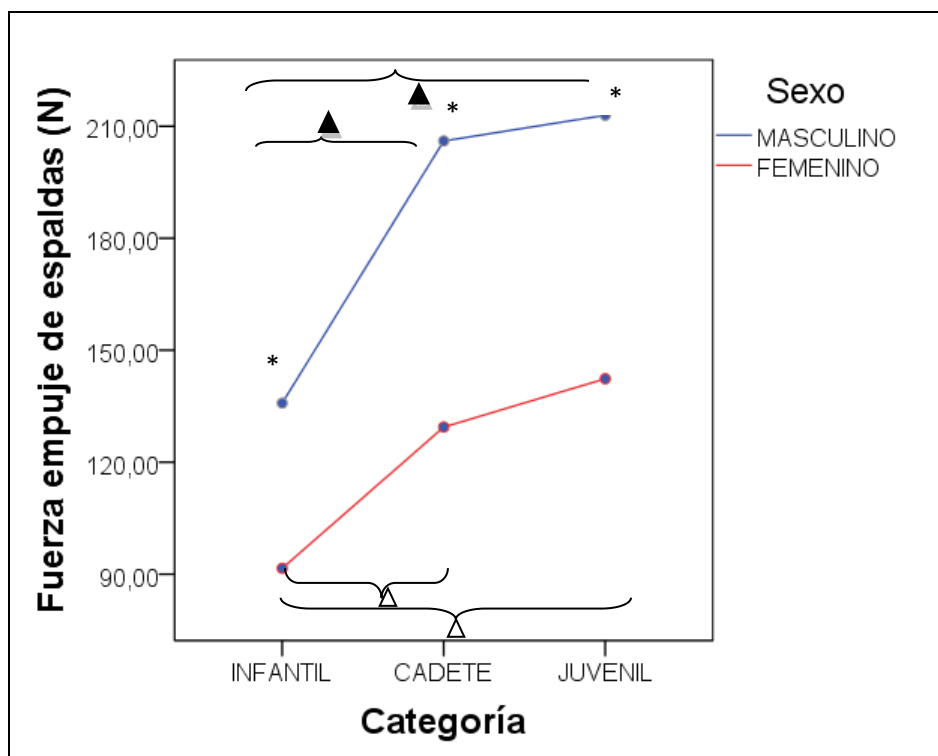


Figura 12. Medias de los valores de fuerza de empuje de espaldas en cada categoría de ambos grupos (Masculino: azul y Femenino: rojo). * Diferencias significativas entre el grupo masculino y femenino en cada una de las categorías ($p < 0,001$).▲ Diferencias significativas entre categorías en el grupo masculino ($p < 0,001$).△ Diferencias significativas entre categorías en el grupo femenino.

Se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en el test de empuje frontal ($F = 175,5$; $p < 0,001$; Eta parcial al cuadrado = $0,79$; potencia observada = $1,0$) siendo el grupo masculino el que presentó valores más elevados. También se determinaron diferencias significativas en el efecto categoría ($F = 79,0$; $p < 0,001$; Eta parcial al cuadrado = $0,77$; potencia observada = $1,0$), observando un incremento en la fuerza de empuje frontal conforme aumenta la edad. Se determinaron diferencias significativas entre infantiles y cadetes ($p < 0,001$), entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$) y entre cadetes y juveniles ($p < 0,01$). La interacción (sexo * categoría) en esta variable fue significativa ($F = 5,4$; $p < 0,01$; Eta parcial al cuadrado = $0,19$; potencia observada = $0,82$). Al comparar el grupo masculino y femenino en cada una de las categorías se constataron diferencias significativas en infantiles ($F = 29,3$; p

< 0,001; Eta parcial al cuadrado = 0,39; potencia observada = 1,0), cadetes (F = 73,3; p < 0,001; Eta parcial al cuadrado = 0,62; potencia observada = 1,0) y juveniles (F = 77,2; p < 0,001; Eta parcial al cuadrado = 0,63; potencia observada = 1,0). Estas diferencias entre grupos no se mantuvieron constantes a lo largo de las categorías como ilustra la Figura 13 de la interacción entre sexo y categoría. Se observó que los niveles de fuerza se incrementaban con la edad, mostrando diferencias significativas en cada uno de los grupos, entre infantiles y cadetes (p < 0,001), entre infantiles y juveniles (p < 0,001) y entre cadetes y juveniles (p < 0,01).

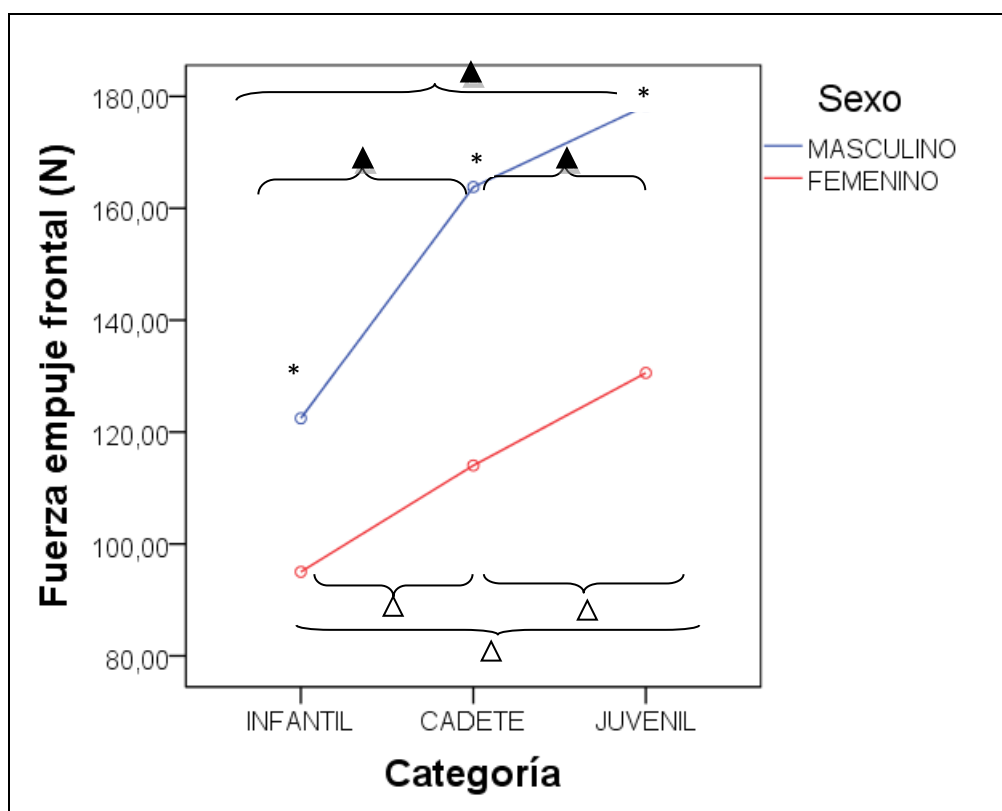


Figura 13. Medias marginales estimadas de fuerza de empuje frontal en cada categoría de ambos sexos (Masculino: azul y femenino: rojo). * Diferencias significativas entre el grupo masculino y femenino en cada una de las categorías (p < 0,001). ▲ Diferencias significativas entre categorías en el grupo masculino (p < 0,001) △ Diferencias significativas entre categorías en el grupo femenino.

2.5.2. Resultados de fuerza de nado

Se observaron diferencias significativas en la variable de fuerza de nado al analizar el efecto de la variable sexo ($F = 151,5$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,77$; potencia observada = $1,0$), siendo el grupo masculino el que obtuvo valores más altos. El efecto de la categoría también resultó ser estadísticamente significativo ($F=114,2$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,83$; potencia observada = $1,0$), siendo los valores más elevados conforme aumentaba la edad, determinándose diferencias significativas entre infantiles y cadetes ($p < 0,001$), entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$) y entre cadetes y juveniles ($p < 0,05$). No se determinó significación estadística en la interacción (sexo * categoría) ($F = 2,2$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = $0,09$; potencia observada = $0,43$).

La variable de fuerza relativa de nado determinó significación estadística por el efecto del sexo ($F = 25,6$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,36$; potencia observada = $0,99$), en el que el grupo masculino fue el que registró valores más elevados. El efecto de la categoría también resultó ser significativo ($F = 27,8$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,55$; potencia observada = $1,0$). En este caso, los cadetes fueron los que obtuvieron los valores más altos, siendo estadísticamente significativos en comparación con los infantiles ($p < 0,001$) pero no con los juveniles. También se determinaron diferencias significativas entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$). En relación a la interacción (sexo * categoría) no se mostró significancia estadística ($F = 2,0$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = $0,14$; potencia observada = $0,39$).

2.5.3. Resultados de la altura de salto

Se encontraron diferencias significativas en la variable de altura de salto al analizar efecto de la variable sexo ($F = 20,9$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,31$; potencia observada = $0,99$), siendo el grupo masculino el que obtuvo valores más altos. El efecto de la categoría también resultó significativo ($F = 15,2$; $p < 0,001$: Eta al cuadrado parcial = $0,40$; potencia observada = $0,99$) mostrando valores más elevados conforme la edad. Se establecieron diferencias significativas entre infantiles y cadetes ($p < 0,01$) y entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$), pero no entre cadetes y juveniles. En el factor interacción (sexo * categoría) no se determinó significancia estadística ($F = 0,6$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = $0,02$; potencia observada = $0,14$).

En relación a la altura de salto relativa no se determinó significación estadística en el análisis del efecto de la variable sexo ($F = 1,5$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = $0,03$; potencia observada = $0,2$), ni en el efecto de la categoría ($F = 2,64$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = $0,10$; potencia observada = $0,5$). Tampoco se observó significación en la interacción (sexo * categoría) ($F = 0,4$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = $0,01$; potencia observada = $0,1$).

2.5.4. Resultados de altura mantenida

En la variable de altura mantenida se observó significación estadística en el efecto del sexo ($F = 8,2$; $p < 0,01$; Eta al cuadrado parcial = $0,15$; potencia observada = $0,8$), siendo el sexo masculino el que obtuvo valores más altos. El efecto de la categoría también mostró significación estadística ($F = 11,9$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,34$; potencia observada = $0,9$), en el que los valores aumentaban conforme la edad. En el conjunto de la muestra, se

revelaron diferencias entre infantiles y cadetes ($p < 0,05$) y entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$), pero no entre cadetes y juveniles. El factor interacción (sexo * categoría) no mostró significación ($F = 1,6$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = 0,06; potencia observada = 0,33).

Contrariamente, en la altura relativa mantenida no se determinaron diferencias significativas en el efecto de la variable sexo ($F = 0,6$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = 0,01; potencia observada = 0,1) ni en el efecto de la categoría ($F = 0,5$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = 0,02; potencia observada = 0,1). Tampoco se determinó en la interacción (sexo * categoría) ($F = 0,4$; $p > 0,05$; Eta al cuadrado parcial = 0,01; potencia observada = 0,1).

2.5.5. Resultados de la velocidad de lanzamiento

La velocidad de lanzamiento en la técnica 1 (T1) y la técnica 2 (T2) en el lanzamiento directo, el efecto de la variable sexo resultó ser significativo ($F = 249,2$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = 0,84; potencia observada = 1,0 y $F = 232,5$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = 0,83; potencia observada = 1,0, respectivamente). El masculino fue el que obtuvo valores más altos. Se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el efecto categoría en ambas técnicas ($F = 30,35$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = 0,57; potencia observada = 1,0 y $F = 34,1$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = 0,60; potencia observada = 1,0, respectivamente), en el que los valores de velocidad aumentaban con la edad. Concretamente, en ambas técnicas, se observaron diferencias estadísticas entre infantiles y cadetes ($p < 0,05$), entre infantiles y juveniles ($p < 0,001$) y entre cadetes y juveniles ($p < 0,001$). En el factor

interacción (sexo*categoría) no se determinó significación estadística en ninguna de las técnicas de lanzamiento.

La variable de la velocidad de lanzamiento con la T1 y T2 en situación de precisión mostró resultados similares a los anteriores. El efecto de la variable sexo fue significativo ($F = 202,1$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,81$; potencia observada = $1,0$ y $F = 213,7$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,82$; potencia observada = $1,0$, respectivamente) en el que el grupo masculino fue el que obtuvo los valores más altos. Asimismo, el efecto de la categoría resultó estadísticamente significativo ($F = 31,3$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,58$; potencia observada = $1,0$ y $F = 44,1$; $p < 0,001$; Eta al cuadrado parcial = $0,66$; potencia observada = $1,0$, respectivamente), en el que los valores aumentaron conforme la edad. Concretamente, se determinaron diferencias significativas entre infantiles y cadetes ($T1 = p < 0,01$ y $T2 = p < 0,001$), entre infantiles y juveniles ($T1$ y $T2 = p < 0,001$) y entre cadetes y juveniles ($T1 = p < 0,01$ y $T2 = p < 0,01$). No se determinó significación en el factor interacción (sexo* categoría).

En resumen, en casi todos los test realizados se encontraron diferencias en el efecto de la variable sexo y categoría, excepto en la altura relativa de salto y altura relativa mantenida. El factor de interacción (sexo * categoría) sólo fue significativo en los test de fuerza de empuje.

2.5.6. Comparación de la velocidad de lanzamiento en función de la técnica empleada en las diferentes situaciones de lanzamiento

La comparación de las velocidades de lanzamiento entre ambas técnicas de lanzamiento (T1 y T2) mostró diferencias significativas en el lanzamiento realizado en la situación sin exigencia de precisión ($t = 2,6$; $p < 0,05$). Así, se observó que la velocidad de lanzamiento con la técnica T1 fue superior a la técnica de lanzamiento T2. Por lo demás, no se establecieron diferencias significativas en la velocidad de lanzamiento entre ambas técnicas en situación de precisión.

2.5.7. Comparación de la velocidad de lanzamiento en función de la situación (lanzamiento con precisión y sin precisión) en cada una de las técnicas de lanzamiento

Los resultados indicaron que las velocidades en el lanzamiento sin precisión fueron significativamente mayores respecto al lanzamiento con precisión en ambas técnicas de lanzamiento (T1: $t = 9,7$; $p < 0,001$ y T2: $t = 12,2$; $p < 0,001$).

2.5.8. Comparación de la velocidad de lanzamiento en situación de precisión en función de la eficacia

La velocidad de lanzamiento, mediante la técnica T1, de los goles acertados fue significativamente mayor que la de los goles no acertados T1 ($t = 2,7$; $p < 0,01$). No se determinaron tales diferencias cuando el lanzamiento fue realizado mediante la técnica T2.

2.5.9. Correlaciones entre las variables estudiadas

La tabla 21 recoge las correlaciones entre las distintas variables de interés estudiadas. En la matriz de correlaciones se observó que la fuerza de empuje de espaldas y la fuerza de empuje frontal se correlacionaban significativamente entre ellas ($r = 0,92$; $p < 0,01$). Se establecieron correlaciones moderadas entre los test de fuerza de empuje de espaldas y frontal y el test de salto ($r = 0,70$; $p < 0,01$ y $r = 0,65$; $p < 0,015$, respectivamente) y altura mantenida ($r = 0,61$; $p < 0,01$ y $r = 0,61$; $p < 0,01$, respectivamente). Se determinaron correlaciones entre los test de fuerza de empuje con la máxima velocidad de lanzamiento y ambas técnicas de lanzamiento y en ambas situaciones. Concretamente, en el lanzamiento sin precisión se obtuvo una alta correlación entre la fuerza de empuje (de espaldas y frontal) y la máxima velocidad de lanzamiento con la técnica T1 ($r = 0,83$; $p < 0,01$ y $r = 0,82$; $p < 0,01$, respectivamente); y la máxima velocidad de lanzamiento con la técnica T2 ($r = 0,84$; $p < 0,01$ y $r = 0,83$; $p < 0,01$, respectivamente). Los resultados fueron similares en la situación de lanzamiento con precisión. La fuerza de empuje se correlacionó altamente con la máxima velocidad de lanzamiento con la técnica T1 ($r = 0,84$; $p < 0,01$ empuje de espaldas y $r = 0,82$; $p < 0,01$ empuje frontal) y la máxima velocidad de lanzamiento con la técnica T2 ($r = 0,87$; $p < 0,01$ empuje de espaldas y $r = 0,85$; $p < 0,01$ empuje frontal).

La existencia de correlaciones entre los test de salto y las velocidades de lanzamiento fueron significativas. Así, se determinaron correlaciones moderadas entre la altura mantenida y la altura de salto con la máxima velocidad de lanzamiento en ambas situaciones: con la técnica T1 sin precisión

($r = 0,56$; $p < 0,01$ y $r = 0,61$; $p < 0,01$, respectivamente), con la técnica T1 con precisión ($r = 0,57$; $p < 0,01$ y $r = 0,73$; $p < 0,01$, respectivamente), con la técnica T2 sin precisión ($r = 0,59$; $p < 0,01$ y $r = 0,64$; $p < 0,01$, respectivamente) y con la técnica T2 con precisión ($r = 0,61$; $p < 0,01$ y $r = 0,74$; $p < 0,01$, respectivamente).

La fuerza de nado determinó establecer correlaciones muy altas con ambos test de fuerza de empuje ($r = 0,93$; $p < 0,01$ empuje frontal y $r = 0,92$; $p < 0,01$ empuje de espaldas). También, se detectaron correlaciones altas entre la fuerza de nado y las velocidades de lanzamiento sin y con precisión: máxima velocidad de lanzamiento T1 ($r = 0,79$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,81$; $p < 0,01$ con precisión) y T2 ($r = 0,80$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,85$; $p < 0,01$ con precisión). Las correlaciones entre la fuerza de nado y la altura mantenida y la máxima altura de salto fueron moderadas ($r = 0,60$; $p < 0,01$ y $r = 0,70$; $p < 0,01$, respectivamente).

Finalmente, también se estudiaron las correlaciones entre las características antropométricas y los diferentes test. El peso correlacionó con la fuerza máxima de nado ($r = 0,70$; $p < 0,01$), la fuerza de empuje de espaldas ($r = 0,69$; $p < 0,01$), la fuerza de empuje frontal ($r = 0,69$; $p < 0,01$), la máxima velocidad de lanzamiento con la T1 ($r = 0,64$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,62$; $p < 0,01$ con precisión) y la máxima velocidad con la técnica T2 ($r = 0,64$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,62$; $p < 0,01$ con precisión). Las correlaciones con la altura de salto, altura de salto relativa, altura mantenida y altura mantenida relativa fueron también significativas, pero bajas, excepto la altura de salto relativa que

fue alta ($r = 0,35$; $p < 0,05$; $r = -0,78$; $p < 0,01$; $r = 0,40$; $p < 0,01$ y $r = -0,46$; $p < 0,01$, respectivamente).

La altura corporal determinó correlaciones moderadas y altas con las diferentes variables estudiadas: fuerza de empuje de espaldas ($r = 0,76$; $p < 0,01$), de empuje frontal ($r = 0,74$; $p < 0,01$), de nado ($r = 0,74$; $p < 0,01$), altura de salto y altura mantenida ($r = 0,60$; $p < 0,01$ y $r = 0,53$; $p < 0,01$) y con las velocidades de lanzamiento con la técnica T1 ($r = 0,77$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,79$; $p < 0,01$ con precisión) y la técnica T2 ($r = 0,79$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,76$; $p < 0,01$ con precisión).

Se obtuvieron correlaciones significativas entre la envergadura y la máxima fuerza de nado ($r = 0,75$; $p < 0,01$), la fuerza de empuje de espaldas ($r = 0,80$; $p < 0,01$), la fuerza de empuje frontal ($r = 0,80$; $p < 0,01$), altura mantenida ($r = 0,51$; $p < 0,01$), altura de salto ($r = 0,57$; $p < 0,01$) y la velocidad de lanzamiento con la técnica T1 ($r = 0,82$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,82$; $p < 0,01$ con precisión) y la técnica T2 ($r = 0,82$; $p < 0,01$ sin precisión y $r = 0,79$; $p < 0,01$ con precisión).

La variable de IMC solo se correlacionó significativamente con la altura de salto relativa ($r = -0,76$; $p < 0,01$) y altura mantenida relativa ($r = -0,55$; $p < 0,01$).

Estudio transversal de la valoración de la fuerza específica en el waterpolo

	PESO	ALTURA	IMC	ENVERGADURA	F. NADO	F.REL.NADO	F. E.ES.	F.E.FR	A. MANT	A. MAN. R.	A. SAL	A.R SAL	VEL. T1	VEL. T2	VEL. PRE. T1
ALTURA	,724**														
IMC	,726**	,055													
ENVERGADURA	,751**	,928**	,162												
F. NADO	,701**	,748**	,262	,758**											
F.REL.NADO	,146	,421**	-,211	,412**	,799**										
F.E.ES	,690**	,766**	,226	,800**	,937**	,714**									
F.E.FR	,698**	,745**	,260	,809**	,928**	,703**	,927**								
A.MAN	,406**	,539**	,041	,519**	,604**	,483**	,614**	,614**							
A. MAN. R.	-,468**	-,134	-,550**	-,169	-,050	,311*	-,029	-,035	,607**						
A. SAL	,353*	,606**	-,099	,578**	,707**	,683**	,704**	,652**	,520**	,176					
A. REL. SALTO	-,780**	-,368**	-,766**	-,404**	-,272	,274	-,257	-,296*	-,092	,584**	,289*				
VEL. T1	,645**	,775**	,145	,828**	,794**	,535**	,836**	,821**	,562**	-,066	,610**	-,293*			
VEL. T2	,640**	,790**	,122	,825**	,805**	,556**	,842**	,833**	,597**	-,030	,648**	-,267	,978**		
VEL. PRE. T1	,629**	,794**	,110	,822**	,819**	,603**	,849**	,827**	,577**	-,024	,738**	-,180	,947**	,947**	
VEL. PRE. T2	,628**	,767**	,130	,798**	,856**	,648**	,879**	,857**	,612**	,006	,742**	-,182	,951**	,966**	,975**

Tabla 21. Matriz de correlaciones entre las variables antropométricas y las de rendimiento **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). **IMC:** índice de masa corporal. **F. NADO:** fuerza de nado. **F.REL.NADO:** fuerza relativa de nado. **F.E.ES:** fuerza empuje de espaldas; **F.E.FR:** fuerza de empuje frontal. **FNAD:** fuerza de nado; **F. R. NAD:** fuerza relativa de nado; **A. MAN:** altura mantenida; **A. MAN. R. SAL:** altura mantenida relativa; **A. SAL:** altura de salto; **A. R. SAL:** altura relativa de salto; **VEL T1:** velocidad lanzamiento técnica 1; **VEL T2:** velocidad de lanzamiento técnica 2; **VEL. PRE. T1:** velocidad de lanzamiento con precisión técnica 1; **VEL. PRE.T 2:** velocidad de lanzamiento con precisión técnica 2.

2.6. Discusión

2.6.1. Determinación de los valores de fuerza de empuje

El waterpolo es un deporte de mucho contacto en el que son constantes las acciones de lucha y los forcejeos para poder mantener o vencer la posición del adversario. En la bibliografía especializada no se encuentran estudios que hayan valorado esta acción de forma específica. Los únicos valores de referencia encontrados han sido los realizados con la Selección Española de waterpolo masculina absoluta⁸⁶. Los resultados obtenidos en el test de fuerza de empuje de espaldas y frontal fueron de una media de 265 N y 247 N, respectivamente. Estos resultados difieren de los valores más altos obtenidos en la presente investigación ($215,9 \pm 14,9$ N en fuerza de boya y $181,0 \pm 13,5$ N en fuerza de empuje frontal en la categoría juvenil masculina), lo que probablemente se puede atribuir a los distintos rangos de edad y al nivel de rendimiento de los sujetos.

Aunque las evaluaciones de la fuerza de empuje no son realizadas en el ámbito del waterpolo, en la literatura científica se encuentran algunos test parecidos a los de la presente tesis. En esta dirección, Stirn⁸⁸ evaluaron la fuerza de empuje frontal durante 10 segundos a máxima intensidad, en jugadores de 14 a 16 años, y registraron valores similares a los de la presente investigación ($128 \pm 25,8$ N).

2.6.2. Determinación de los valores de fuerza de nado

En el transcurso de un partido de waterpolo los jugadores deben recorrer largas distancias a distintas intensidades y con duraciones variadas. Es por ello que la mejora de la fuerza aplicada en la acción de nado va a contribuir de forma importante a reducir las fases de la transición y conseguir acciones de marcaje

o desmarque más veloces. Son muchos los estudios que han establecido correlaciones entre la fuerza de nado resistido y velocidad de nado^{92,94,97,107,108,209}. En consecuencia, la evaluación de la fuerza de nado también tendrá un rol importante para la monitorización y control del entrenamiento.

En la bibliografía científica existen pocos estudios que valoren estas acciones de forma específica. En el ámbito del waterpolo únicamente encontramos dos trabajos. En el primero, obtenido en la Selección Española de waterpolo masculina absoluta, se registraron valores medios de 197,5 N⁸⁶. Las diferencias que aparecen con respecto a los resultados de la presente investigación se pueden atribuir principalmente a la edad y el nivel de los sujetos. En el segundo estudio, presentado por Kondrič⁶⁸ en chicos de 17 y 18 años, los resultados fueron muy superiores a los de la presente tesis, con valores medios de 34,2 ± 16,3 kg. Probablemente, estas diferencias sean atribuibles al material de evaluación utilizado. Mediante el sistema de cuerda o cable, cuando la fuerza tiende a ser cero, el cable queda flojo, y en la fase siguiente, cuando se imprime la fuerza, se produce una onda de tensión en el cable, lo que genera unos picos elevados de fuerza en su medición¹⁰⁵. El hecho de modificar el cable de sujeción por una goma elástica evita la producción de estos picos de fuerza, que son absorbidos por la goma y así se obtiene una curva de fuerza más suavizada^{122,210}. Pensamos que por esta razón los resultados obtenidos mediante aquel sistema presentan valores por encima de los obtenidos en la presente investigación.

Donde más se ha valorado esta manifestación de fuerza es en el ámbito de la natación. Mayoritariamente, los trabajos de investigación han utilizado el banco

biocinético en seco¹⁰⁷, el banco biocinético adaptado en la piscina¹⁰⁸, un sistema de poleas con cargas progresivas¹⁰⁹ o con una cuerda o cable metálico conectado a una galga^{92,103,105,121,123,124,211}.

En estudios más actuales se ha substituido el cable de acero o cuerda por una goma elástica. En esta línea, Kjendle¹²² utilizó un protocolo similar al de la presente investigación con el objetivo de determinar la fiabilidad del nado completamente resistido. Los resultados en nadadores/as federados (17 ± 2 años) fueron muy parecidos a los hallados en esta investigación (150 ± 33 N). En la misma dirección, Aspens¹¹⁵ utilizaron esta metodología de evaluación con el objetivo de investigar los efectos de un entrenamiento combinado de fuerza máxima y entrenamiento interválico de alta intensidad. El grupo experimental compuesto por un grupo de chicos y chicas mejoró la fuerza de nado significativamente (Pre: $124,9 \pm 23,2$ N y Post: $133,5 \pm 21,9$ N); los resultados obtenidos ofrecen valores similares a los del presente estudio. Contrariamente, Kalva²¹⁰ analizó en jugadores con experiencia en el ámbito regional y nacional (20 ± 3 años) la relación entre la fuerza de nado atado durante 3 min con parámetros aeróbicos y anaeróbicos. Este estudio registró niveles de fuerza ligeramente inferiores (fuerza media: $85,5 \pm 15,1$ N y pico de fuerza: $123,3 \pm 25,4$ N) al presentar un protocolo de trabajo muy prolongado, los valores de fuerza disminuyen progresivamente como consecuencia de la aparición de fatiga.

Es importante remarcar que las comparaciones realizadas han sido principalmente con nadadores y, como consecuencia, el nivel de especificidad,

disciplina y/o aspectos técnicos son probablemente factores que han influido en los contrastes realizados.

En el waterpolo, como en otros muchos deportes en los que tiene lugar la translación del cuerpo, adquiere una importancia fundamental la fuerza relativa (fuerza máxima/ peso corporal) como índice o gradiente²¹². Uno de los pocos estudios encontrados que calculan dicho índice es el de Morouço⁹⁴, en el que se evaluó la fuerza de nado y el índice de fuerza de nado relativa en chicos ($19 \pm 2,8$ años) y chicas ($15 \pm 1,6$ años) participantes en pruebas internacionales. En el estudio se obtuvieron valores de fuerza máxima relativa de $3,43 \pm 0,68$ $N \cdot kg^{-1}$ y de fuerza media relativa de $1,34 \pm 0,36$ $N \cdot kg^{-1}$. Además, también se observó que las correlaciones entre los valores relativos de fuerza con el rendimiento en natación eran inferiores que las correlaciones establecidas con los valores absolutos de fuerza. Los registros de fuerza máxima relativos obtenidos en este estudio son superiores a los de la presenta investigación. Posiblemente, como se ha comentado anteriormente, la cuerda o cable generan picos de fuerza muy altos y, en consecuencia, también los valores relativos serán mayores.

2.6.3. Determinación de los valores de altura de salto y altura mantenida

En el transcurso de un partido de waterpolo, la capacidad de elevar verticalmente el cuerpo fuera del agua o mantener este lo más alto posible será de gran ayuda, tanto para facilitar un buen lanzamiento en acciones ofensivas como para bloquear el lanzamiento a nivel defensivo. Además, es un deporte que requiere constantes acciones de parada y arrancada de forma explosiva.

Es por ello que la capacidad de generar fuerza con las extremidades inferiores junto con una eficiente técnica contribuirá de forma importante en la altura de salto^{52,132}.

La evaluación de la altura de salto es una de las variables de rendimiento que ha despertado mayor interés en la bibliografía especializada del waterpolo.^{26,51,52,66,68,132,134}. Los primeros estudios hallados en la literatura científica se centran en evaluar la altura de salto utilizando cámaras y análisis en 3D¹³². En este caso, la edad de la muestra de sujetos era heterogénea (desde los 12 hasta los 29 años) y los valores en altura de salto (distancia entre máxima altura de la cabeza y superficie del agua) se movieron en un rango entre 0,50 y 0,90 m con una media de 0,71 m. Este autor concluyó en su investigación que el salto vertical depende más de la habilidad técnica que de la potencia de las piernas puramente. Platanou⁵² en waterpolistas de edades comprendidas entre 22 y 23 años obtuvo los siguientes resultados: defensas de boya (0,65 ± 0,04 m), boyas (0,69 ± 0,03 m), exteriores (0,67 ± 0,03 m) y porteros (0,73 ± 0,05 m). Estos valores son similares a los de la presente investigación, pero obtenidos en deportistas de mayor edad y nivel. Probablemente, la diferencia se debe en la posición inicial en ejecución de los test. En el estudio de Platonov, los deportistas se sumergen en el agua hasta la altura del acromion mientras que en la presente tesis los jugadores/as se les permite sumergir hasta la apófisis mentoniano, lo cual permite obtener mayor impulso y aplicación de fuerza. Por lo que respecta al sexo femenino, Platanou⁷³ determinó en jugadoras expertas (21,7 ± 5,4 años) valores medios de 0,61 ± 0,03 m. La medida resultaba de la diferencia entre la máxima altura conseguida con la mano menos la longitud del brazo. En cambio, otros estudios evalúan

directamente el máximo alcance vertical con la mano. En este, los valores presentados fueron de $(1,35 \pm 0,04 \text{ m})^{79}$ y $(1,29 \pm 0,04 \text{ m}$ expertas y $1,39 \pm 0,07 \text{ m}$ inexpertas)⁵³. Los resultados registrados en la presente tesis para ambos sexos son similares a los obtenidos por Sanders¹³² y Platanou⁵² con sujetos de edades inferiores (de 14 años a los 17 años). Las variaciones de los resultados de la presente investigación en comparación con la literatura científica se atribuyen principalmente al tipo de protocolo de medición empleado y a las diferencias en las edades de las muestras.

Un estudio interesante a destacar por el número y calidad de la muestra es el presentado por Kondrič⁶⁸. Con 110 jugadores juniors de alto nivel investigaron el estado y las diferencias en las variables físicas de rendimiento del waterpolo entre cinco posiciones de juego. Determinaron que los valores obtenidos en la fuerza de salto por los centrales (jugadores ubicados más allá de la línea de 5 m) fueron significativamente mayores que las otras posiciones de juego ($1,48 \pm 0,07 \text{ m}$). Uljevic⁶⁶ en su estudio realizado con jugadores de 15 a 17 años aportan nuevos test para valorar la altura de salto: vertical con una mano, desde posición semilateral y con los brazos delante del cuerpo. En el que también observó que los centrales presentaron significativamente mayor capacidad de salto que los jugadores interiores.

En la investigación de Tan⁵³, se determina en jugadoras de liga nacional que las interiores conseguían mayor altura de salto absoluta que las jugadoras del perímetro. Además, en este mismo estudio, las jugadoras exteriores de la selección fueron capaces de elevar la cadera más arriba de la superficie del

agua que las interiores, lo que indica una mayor capacidad en la altura relativa de salto.

Los factores que contribuyen en la altura de salto dependen, por un lado, de las fuerzas que actúan hacia arriba para elevar el cuerpo (área de sección transversal de las extremidades, velocidad de las extremidades, coeficientes de las fuerzas de elevación, de arrastre y de la flotabilidad de la masa sumergida) y, por otro lado, de las fuerzas que actúan hacia abajo (masa corporal y gravedad)¹³². Es por ello que, en la presente investigación, se analizó la relación entre la masa corporal y la altura de salto. Concretamente, en la altura de salto relativa (altura de salto / peso corporal) no se determinaron diferencias significativas entre ambos sexos. En la literatura especializada en el ámbito del waterpolo no se han encontrado estudios que evalúen el salto en función del peso corporal. Los análisis de altura de salto relativa hallados en la bibliografía se han estimado con relación a los segmentos corporales (altura máxima de salto menos longitud del brazo)^{52,74,134}. Tan⁵³ evaluó en el sexo femenino la altura de salto tanto de forma absoluta como relativa (altura absoluta de salto dividido por la distancia entre la cadera y la punta de los dedos con el brazo estirado x 100) en jugadoras de distinto nivel. Las medidas obtenidas fueron: $1,39 \pm 0,07$ m y $1,01 \pm 0,04$ m con expertos y de $1,29 \pm 0,04$ m y $1,00 \pm 0,03$ m con inexpertos (valores de altura absoluta y relativa, respectivamente). En el estudio se encontraron solo diferencias significativas en la altura absoluta de salto y no en la altura relativa. Los autores atribuyen estos resultados a las diferencias existentes en la estatura de los sujetos, porque a nivel relativo no se determinaron diferencias significativas entre ambos grupos.

2.6.4. Determinación de los valores de la velocidad de lanzamiento

Para poder conseguir un gol es necesario tener la habilidad de realizar lanzamientos rápidos y precisos, disminuyendo de esta manera el tiempo que tiene el portero entre detectar la trayectoria del portero y lograr pararlo⁷². Aunque, en ocasiones, la precisión en el lanzamiento a portería será más importante que un lanzamiento rápido⁸³.

La mayoría de publicaciones se ha realizado con sujetos de nivel profesional, regional o universitario, y principalmente centrados en el sexo masculino. Las primeras publicaciones sobre la evaluación de la velocidad de lanzamiento fueron realizadas por Whiting¹⁴⁵ y Elliot¹⁴². En ellas, las velocidades medias conseguidas en jugadores profesionales fueron de 68,4 km·h⁻¹. Estos valores están ligeramente por debajo de las medias obtenidas en la categoría juvenil masculina. Algunas hipótesis sobre estas diferencias se basan en los cambios que ha experimentado el waterpolo en los últimos años. Los jugadores entrenan más horas en el gimnasio, tienen mayores porcentajes de masa muscular, realizan más volumen de entrenamiento específico, se han producido mejoras fisiológicas en la población y mejoras en la selección de talentos. Todo ello podría haber potenciado mejoras en la velocidad de lanzamiento¹⁴⁹.

Estudios más actuales^{75,82,146} obtuvieron valores ligeramente superiores en las categorías absolutas masculinas de la selección española (73,8 ± 4,0 km·h⁻¹) e italiana (86,7 ± 5,4 km·h⁻¹)²¹⁴ en comparación con los juveniles masculinos de nuestra investigación. Estas diferencias se deben principalmente a la diferencia de edad y al nivel de los sujetos. Los jugadores/as de más nivel consiguen mayores velocidades de lanzamiento^{75,148}. Aun así, podemos observar que

siguen una progresión y coherencia con relación a las categorías estudiadas. Con referencia al sexo femenino podemos apreciar que los valores de la categoría juvenil del presente estudio van en la línea de los obtenidos por Alcaraz⁸² y McCluskey⁸⁹ en las categorías absolutas, y están ligeramente por debajo de los valores obtenidos por Freeston¹⁴⁷.

Abrales⁴⁴ analizaron las velocidades de lanzamiento en competición en jugadores/as internacionales. Observaron que la zona de mayor porcentaje de lanzamientos era entre los 5 metros y medio campo. En este caso, los valores obtenidos fueron de 51,6 km·h⁻¹ y 66,56 km·h⁻¹ en chicas y chicos, respectivamente. No obstante, las mayores velocidades se consiguieron desde los 5 m (57,2 km·h⁻¹ y 73,04 km·h⁻¹ en chicas y chicos respectivamente). En la misma línea, Abrales¹⁴⁸ en jugadoras absolutas registraron velocidades medias en competición de 52,5 km·h⁻¹ y de 55,7 km·h⁻¹ en los lanzamientos realizados más allá de los 5 m. En los lanzamientos cercanos a la portería, la presión de los oponentes es mucho mayor y es más difícil lanzar el balón⁴⁴. Finalmente, estos mismos autores determinaron que la media de las velocidades máximas en competición en todas las posiciones era mayor que las obtenidas en las diferentes situaciones de entrenamiento.

2.6.5. Comparación de los valores de los test de fuerza de empuje, de fuerza de nado, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento entre el grupo masculino y femenino

Diversos autores han descrito que durante la infancia los niveles de fuerza entre sexos es muy similar y no muestran diferencias significativas, pero a partir de los 12-13 años de edad aproximadamente, estas diferencias empiezan a aumentar de forma significativa^{175,180,191}. En la presente investigación,

realizada en un grupo de jugadores y jugadoras de edades comprendidas entre los 14 y los 18 años, se demostró que el sexo masculino desarrolló significativamente mayores newtons de fuerza en todos los test realizados, menos en el índice de altura relativa de salto y altura mantenida. Estos resultados concuerdan con estudios que han valorado algunas de estas manifestaciones. Por ejemplo, Hopper¹⁰⁹ utilizando un sistema de poleas con cargas progresivas registraron estas diferencias en nadadores/as de alto nivel (4,17 ft-lb/seg/brazada y 2,12 ft-lb/seg./brazada en chicos y chicas, respectivamente), o Costill¹⁰⁸, los cuales observaron que los watts aplicados por los chicos fueron de un 41,0 % mayor que los aplicados por las chicas, obtenidos con el sistema biocinético adaptado a la piscina. En este caso, las diferencias en la fuerza aplicada entre ambos sexos fueron atribuidas en parte a las diferencias en los porcentajes de grasa corporal entre sexos y en la fuerza de los brazos. Según Christensen¹²⁰, quienes también observaron estas diferencias entre ambos sexos, los chicos disponen de mayor porcentaje de masa muscular y, por tanto, de mayor fuerza que las chicas de edades similares.

Por lo que respecta a los test de salto, si se comparan estudios que han utilizado mismos protocolos de medición se observa cómo se mantienen estas diferencias entre sexos. Así, por ejemplo, en el salto vertical al medir la máxima altura con la mano se obtuvieron valores de $1,35 \pm 0,04$ m en sexo femenino de categorías absolutas⁷⁹ y de $1,29 \pm 0,04$ m y $1,39 \pm 0,07$ m en chicas absolutas de liga nacional y de la selección, respectivamente²¹⁵. En cambio, Uljevic⁸⁷ registró valores de $1,4 \pm 0,13$ m en el sexo masculino en categoría júnior.

Al comparar las velocidades de lanzamiento entre sexos en las distintas técnicas y situaciones se aprecia que los varones obtuvieron velocidades significativamente mayores que las mujeres. Estos resultados son consistentes con otros estudios del waterpolo^{44,46,82,216}, y son atribuibles a los aspectos de la composición corporal y a las ratios de fuerza entre los sexos^{70,84}. Otras explicaciones se centran en el menor ángulo de abducción en los lanzamientos en las chicas, debido a las diferencias en la coordinación neuromuscular y a las bajas velocidades angulares⁷³. Junto a los aspectos coordinativos entre extremidades inferiores y superiores y la técnica de los jugadores, la fuerza muscular es uno de los factores determinantes en el lanzamiento de penalti^{141,144}.

La fuerza muscular es un componente esencial para la ejecución de las actividades deportivas. La máxima tasa de desarrollo muscular se produce durante la pubertad, cuando la producción de los niveles de testosterona se incrementa unas 10 veces en chicos²¹⁷. Las chicas no experimentan una rápida aceleración del crecimiento muscular durante la pubertad, pero su masa muscular se continua incrementando, aunque mucho más lentamente que en los chicos²¹⁸. Durante la adolescencia se produce un incremento intensivo del área transversal del músculo y de las fibras musculares²¹⁹ y está correlacionada con los incrementos de la fuerza muscular²¹⁷. Las diferencias observadas entre ambos sexos son debidas principalmente al desarrollo de factores físicos, como los cambios en la masa muscular y masa grasa^{126,220}.

Todos los test evaluados, excepto los de altura relativa de salto y altura mantenida relativa, indicaron diferencias significativas entre las diferentes

categorías de edad. Concretamente, en la fuerza de empuje frontal, la fuerza de nado y las velocidades de lanzamiento en ambas técnicas y situaciones se observó un incremento de los valores conforme se incrementaba la edad. En otras variables, como la fuerza de empuje de espaldas, la altura de salto y la altura mantenida, los resultados solo se incrementaban hasta la categoría cadete, después de la cual los valores se estabilizaban y no aumentaba significativamente.

2.6.6. Comparación de los valores de los test de fuerza de empuje, de fuerza de nado, altura de salto, altura mantenida y la velocidad de lanzamiento entre categorías de edad

En la bibliografía especializada se encuentran escasos estudios que comparen variables de rendimiento entre dos categorías de edad. En esta línea, Varamenti⁷⁴ realizaron un estudio piloto en el que compararon parámetros físicos, técnicos y fisiológicos entre jugadoras séniors y juniors. Los resultados en el salto vertical en el agua determinaron diferencias significativas entre séniors ($0,62 \pm 0,02$ m) y juniors ($0,59 \pm 0,03$ m). Así, se observó que las características antropométricas básicas no diferían entre ambos grupos, pero sí lo hacían las variables relacionadas con el rendimiento. Probablemente, esas diferencias fueron debidas al tipo de entrenamiento más intenso y específico que realizan las jugadoras séniors en comparación a las juniors. Platanou⁵² también concluye en su investigación la importancia de las horas de entrenamiento y la especialización técnica para la mejora del salto en el agua. Además, las chicas juniors se encuentran cerca de completar la fase de desarrollo (estadio 5 en la escala de Tanner), mientras que las séniors ya han terminado. Uljevic⁸⁷ en su estudio en dos grupos de edades distintas (17-18

años y 15-16 años) se observó que el grupo de mayor edad obtuvo valores de altura de salto y altura de salto con fatiga previa superiores al grupo de menor edad. El trabajo presentado por Taylor¹⁹⁷ es uno de los pocos estudios transversales que evalúan la fuerza de nado, en este caso con nadadores de edades comprendidas entre los 10 y los 16 años en ambos sexos. Con resultados en una dirección similar a los de la presente tesis, observaron un incremento significativo conforme se incrementa la edad desde los 12 a los 15 años. Otro de los estudios es el de Llana⁹¹. Estos autores realizaron un estudio transversal en nadadores y nadadoras de edades comprendidas entre los 9 y los 16 años, en el que analizaban la fuerza realizada en el nado atado con dos tipos de gomas elásticas. En el grupo de chicas, observaron que existían diferencias significativas entre las categorías de 9-10 años con las demás categorías en todas las variables de rendimiento y cinéticas de nado. Asimismo, encontraron diferencias significativas entre la categoría de 11 a 12 años con la de 15 a 16 años, en los valores de fuerza máxima y potencia máxima con la goma elástica tipo I; y en los valores de fuerza máxima en la goma elástica tipo II de las variables cinéticas y las variables antropométricas. En el grupo de chicos, también se hallaron diferencias significativas entre la categoría de 11-12 años con las demás en todas las variables de rendimiento y cinéticas. Finalmente, el único estudio longitudinal en el campo del waterpolo, en el que realizó un seguimiento durante dos años mostró mejoras significativas en todas las variables de rendimiento evaluadas en el tiempo⁵⁹.

Algunos estudios indican que la experiencia y nivel de juego influyen significativamente en la máxima altura de salto. Así, Platanou⁵² obtuvo diferencias significativas entre jugadores expertos e inexpertos: $0,70 \pm 0,04$ m y

0,66 ± 0,04 m, respectivamente. Los resultados se atribuyeron principalmente a la mayor cantidad de entrenamiento específico que realizaban los jugadores de mayor nivel con respecto a los de menor nivel, favoreciendo de esta manera en la mejora de esta capacidad. En el estudio de Gobbi⁵¹ también se mostraron estas diferencias significativas entre jugadores de distinto nivel. Para su evaluación se utilizó un sistema de fotocélulas (Teknotrain3). Los valores en los expertos i inexpertos fueron de 0,99 ± 0,02 m y 0,90 ± 0,06 m, respectivamente. Parece ser que en los jugadores expertos los factores como la potencia, velocidad y mejor control intersegmental de las extremidades inferiores interactuaban de forma equilibrada. Los expertos presentan una estructura en la capacidad de salto más consolidada. En uno de los pocos estudios longitudinales encontrados en la literatura científica, no se determinaron diferencias significativas en esta variable de rendimiento entre los jugadores que fueron seleccionados en el equipo nacional con los que no lo fueron⁵⁹. Uljevic⁸⁷, en una batería de test completa, realizan entre otros un test de salto y un test de salto con fatiga previa en dos categorías distintas y con jugadores de distinto nivel en cada categoría. En este caso, tampoco se determinaron diferencias significativas en la altura de salto entre los jugadores de distinto nivel en cada una de las categorías y en ambos test.

Son muchos los estudios en diferentes ámbitos del deporte que muestran una tendencia, en las distintas variables de fuerza analizadas, a incrementarse con la edad^{175,176,180,190,191}. En el proceso de crecimiento y maduración se producen muchos cambios en el tamaño corporal. Malina¹⁸⁰ muestra datos de aproximadamente un 40,0 % - 30,0 % en el incremento de la estatura y de entre 160,0 % y 125,0 % en la masa corporal en chicos y chicas,

respectivamente, con edades comprendidas entre los 8 y los 18 años. El músculo esquelético es el tejido responsable de la generación de la fuerza muscular. Se ha demostrado que el área de las fibras aumenta con la edad²²¹. Durante el crecimiento, se establece una fuerte asociación entre la masa muscular y la producción de fuerza²²². Se ha observado que la ratio entre volumen de masa magra y masa corporal es significativamente mayor en adultos que en niños¹⁷⁶.

2.6.7. Máxima velocidad de lanzamiento en función de la técnica y la situación de lanzamiento

En relación a las técnicas de lanzamiento empleadas (T1 y T2), se pudo determinar que solo existían diferencias entre el lanzamiento directo (T1) y el lanzamiento con doble finta (T2) cuando no se exige precisión, pero no en situación de precisión. Posiblemente, las diferencias entre ambas técnicas, en el primer caso, vienen determinadas por aspectos biomecánicos. En el lanzamiento directo el recorrido articular es mucho mayor y, por tanto, permite aplicar mayor aceleración. A esto se le añade el preestiramiento de la musculatura involucrada en el lanzamiento, aprovechando de esta manera su energía elástica y colaborando en la generación de mayor fuerza en el lanzamiento²⁰⁰. Por otro lado, cuando deben lanzar en situaciones de precisión, los aspectos cuantitativos se subordinan a los aspectos cualitativos, y resulta prioritaria la eficacia⁸³, y por tanto, el tipo de técnica no influirá. En la mayoría de los estudios no se especifican las características del lanzamiento ni se dan instrucciones al respecto, se deja total libertad al jugador. La publicación de Uljevic⁶⁶ es la única en la que se evalúa la velocidad de lanzamiento utilizando dos técnicas distintas: lanzamiento directo, el lanzamiento con doble finta y con

pase previo sin presencia de portero. En el estudio se observó una disminución significativa del lanzamiento con doble finta y con pase previo.

El lanzamiento en situaciones de precisión es clave para simular las características específicas del juego. Stevens¹⁵⁰, en una situación de lanzamiento similar al de la presente investigación, obtuvieron valores de 40,3 y 41,8 km·h⁻¹, con y sin desplazamiento previo, respectivamente, en jugadoras universitarias. La eficacia no varió entre ambos protocolos, pero sí que disminuyó la velocidad significativamente. Una posible explicación es por acumulación de fatiga, al tener menos tiempo de recuperación entre los lanzamientos, cuando estos son realizados con desplazamiento previo. Las bajas velocidades, en comparación con nuestro estudio, pueden atribuirse al nivel de las jugadoras y a su estado de forma, debido que no seguían un régimen de entrenamiento de las mismas características que las de alto nivel. Contrariamente, Royal¹⁵³ no detectó cambios en la velocidad de lanzamiento cuando a los sujetos se les expuso a una situación de fatiga, debido a que los jugadores cambiaron la mecánica del lanzamiento para mantener la velocidad.

En la literatura especializada, algunos estudios evalúan el lanzamiento con precisión con la presencia del portero. Así, Ferragut¹⁴⁶ presentaron unos valores ligeramente superiores ($72,3 \pm 3,5$ km·h⁻¹) a los registrados en nuestra investigación en la categoría juvenil masculina, debido posiblemente a la diferencia de edad. Por otro lado, Alcaraz¹⁴⁸ en jugadoras absolutas de la selección española femenina registraron valores de 50,0 y 55,4 km·h⁻¹ lanzando con y sin desplazamiento previo en presencia de portero,

respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación con la categoría juvenil.

En la presente tesis se ha determinado que las velocidades disminuyen significativamente cuando se comparan en ambas situaciones, y utilizando las dos técnicas de lanzamiento. En este caso, las velocidades disminuyeron cuando a los deportistas se les exigió precisión. Estos resultados van en la misma línea que los presentados por otros autores^{82,146,147} aunque el lanzamiento fue efectuado con presencia de portero. Observaron como las velocidades eran significativamente menores cuando el lanzamiento se efectuaba con presencia de portero que cuando se efectuaba sin él. Contrariamente, Alcaraz¹⁴⁸ y Van der Wende⁸³ no mostraron diferencias significativas entre la velocidad de lanzamiento con y sin presencia de portero. Solo en presencia simultánea de defensores y portero las velocidades disminuyeron significativamente⁸³. Estos resultados rechazan la hipótesis planteada de que, con la presencia de portero, las velocidades aumentarían para minimizar el tiempo de bloqueo del lanzamiento. En algunas situaciones, no siempre el lanzamiento rápido es lo más adecuado, sino que la precisión es más importante⁸³.

2.6.8. Correlación de los valores de las características antropométricas con los valores de los test de fuerza de empuje frontal, empuje de espaldas y nado, la velocidad de lanzamiento y la altura de salto y altura mantenida

En la matriz de correlaciones de la presente investigación, tanto la altura de salto como la altura mantenida de salto se asociaron a mayores velocidades en ambas técnicas de lanzamiento, resultados acordes con los observados por

McCluskey⁷⁹. Estos autores sugieren que la capacidad de elevar el cuerpo fuera del agua permitirá incrementar las opciones estratégicas, ya sea para lanzar, superar a los oponentes o interceptar el balón. Contrariamente, Elliott¹⁴² no encontraron esta relación entre velocidad del balón y el máximo desplazamiento vertical durante el lanzamiento de penalti en hombres y mujeres waterpolistas. El tamaño de la muestra hace que los resultados sean cuestionables.

En la presente tesis, los test que requieren de altos niveles de fuerza en las extremidades inferiores, como la fuerza de boya, la fuerza de defensa boya y la fuerza de nado se correlacionaron con la fuerza de salto ($r = 0,70$; $r = 0,65$, $r = 0,70$, respectivamente) y con la altura mantenida de salto ($r = 0,61$; $r = 0,61$ y $r = 0,60$, respectivamente). Se determinaron relaciones más moderadas entre la velocidad de nado y salto vertical en el agua ($r = 0,38$) y con la velocidad de lanzamiento ($r = 0,42$)⁷³. Para estos autores, los resultados indicaron que la potencia del salto vertical y la velocidad de lanzamiento están relacionadas con la capacidad aláctica en las jugadoras de waterpolo femenino. Stirn⁸⁸ mostraron una relación significativa entre la fuerza de tracción con piernas alternativa y salto en el agua desde posición básica ($r = 0,61$) y desde la posición vertical ($r = 0,45$). Por otro lado, la fuerza de tracción con piernas simultáneas no correlacionó con el salto vertical. Los resultados siguen una cierta lógica, ya que al analizar la biomecánica del salto desde posición básica, los jugadores primero realizan un rápido movimiento alternativo de piernas y finalmente, un único movimiento simultáneo¹³². Por lo demás, el test de fuerza de nado (tanto con piernas simultáneas o alternativas) mostró bajas correlaciones o correlaciones no significativas con otros test, lo que sugiere que la prueba era

válida para la evaluación de la acción de piernas. Este tipo de test evalúa la capacidad de desplazamiento y no la capacidad de remar de manera eficiente⁸⁸.

Otro tipo de las aportaciones que se han determinado en algunos estudios ha sido la relación entre los parámetros obtenidos en la fuerza en nado atado y el rendimiento en competición en corta y media distancia. Algunos estudios han sido desarrollados sugiriendo que la velocidad obtenida en esfuerzos de corta duración se correlacionan con la fuerza de brazada que el nadador puede generar¹⁰⁸. Así, Morouço¹²⁴ establecieron correlaciones entre la fuerza media en nado atado y la velocidad en 50 m en los cuatro estilos de nado (un rango de 0,61 a 0,94). La fuerza máxima relativa solo se correlacionó con la velocidad en los 50 m y los 100 m en el estilo crol.

En este estudio, las variables peso, altura y envergadura establecieron correlaciones con la mayoría de las variables de rendimiento. Se determinaron altas correlaciones entre peso, altura y envergadura con las velocidades de lanzamiento en ambas situaciones. Estos resultados están acordes con Ferragut¹⁴⁶ y McCluskey⁷⁹ quienes observaron como las variables antropométricas indicativas de fuerza, como el peso corporal, circunferencia de gemelos y brazos, estaban asociadas a mayores velocidades. El diámetro del fémur se correlacionó con la velocidad de lanzamiento en el caso del lanzamiento con portero⁸². Parece ser que un mayor diámetro óseo puede estar asociado a mayores niveles de fuerza y que guarda relación con la importancia de la estabilización de las extremidades inferiores para realizar el lanzamiento¹⁴³. De igual modo, la longitud de los hombros guarda relación con

las palancas del movimiento y el tiempo en que se realizan las diferentes habilidades y lanzamientos en este movimiento (rotación de tronco y hombros) será importante para la velocidad de lanzamiento^{83,142}. También la longitud de la mano se relacionó con la velocidad de lanzamiento⁷³. Las características antropométricas en el sexo femenino, como la composición corporal y el somatotipo se asociaron positivamente con la velocidad de nado en distancias cortas, en las que la potencia y velocidad prevalecen⁷³, contrariamente a lo encontrado en jugadores de waterpolo⁷⁰. Atletas con menor índice de masa corporal y porcentaje graso consiguen mejores resultados en distancias cortas de nado.

Con relación al IMC, se estableció correlación negativa con altura mantenida de salto y altura de salto, similares a los hallados por Platanou⁷³. Estos datos refuerzan y certifican los indicados anteriormente, respecto de los movimientos que requieren de potencia y velocidad, presentar menor peso y porcentaje graso permite moverse más eficientemente en el agua, y viceversa. En esta línea, se determinaron resultados parecidos entre el IMC y la velocidad de nado, concluyéndose también que bajos valores de IMC y menor porcentaje graso conseguían mejores resultados en distancias de nado cortas, en las que la potencia y la velocidad prevalecen⁷³.

Una de las limitaciones del estudio está relacionada con su diseño. Los valores en los test de condición física en el crecimiento de niños y adolescentes deberían obtenerse mediante estudios longitudinales, porque estos dan la posibilidad de evaluar los cambios naturales individuales en el crecimiento y desarrollo natural.

2.7. Conclusiones

- 1) El grupo masculino obtuvo mayores valores que el grupo femenino en la fuerza de empuje, de nado, altura de salto, altura mantenida y velocidad de lanzamiento, excepto en los índices de altura relativa de salto y altura mantenida relativa.
- 2) Se determinó significación estadística en el efecto de la categoría en la fuerza de empuje, de nado, altura de salto, altura mantenida y velocidad de lanzamiento, menos en altura relativa de salto y la altura mantenida.
- 3) Solo se determinó significancia estadística en la interacción (sexo*categoría) en los test de fuerza de empuje de espaldas y frontal.
- 4) La velocidad de lanzamiento obtenida con la técnica de lanzamiento T1 es mayor que el lanzamiento con la técnica T2 en situación sin exigencia de precisión. En cambio, en situación de precisión, la velocidad de lanzamiento no se ve afectada por el tipo de técnica empleada.
- 5) La velocidad de lanzamiento, realizada con ambas técnicas disminuye al exigir precisión.

VI. Propuestas prácticas

La investigación es un proceso fundamental para la adquisición de conocimiento en todos los ámbitos. Nos permite dar respuestas a aquellas preguntas e inquietudes planteadas. Personalmente, llegado en este punto, pienso que una de las partes más interesantes en el desarrollo de una investigación son sus aplicaciones prácticas. Se describen brevemente a continuación las propuestas:

1. El trabajo en el gimnasio o en seco deberá realizarse con el objetivo de evitar desequilibrios musculares, prevenir lesiones o incrementar la masa muscular.
2. Para la mejora de las diferentes manifestaciones de fuerza específicas del waterpolo se aconseja entrenarlas en el medio acuático. Se recomienda la utilización de distintos tipos de materiales, como gomas, chalecos, cinturones o balones lastrados, y la colaboración de compañeros.
3. Utilizar la batería de test de la presente tesis para determinar perfiles de rendimiento de las distintas manifestaciones de fuerza del waterpolo y su monitorización a lo largo de la temporada.
4. Observar y comprar los déficits de fuerza de cada uno de los distintos miembros del equipo mediante un diagrama de rendimiento. De esta manera, se pueden ajustar e individualizar los programas de entrenamiento a sus características.

5. Ofrecer los valores de las manifestaciones de fuerza funcional de los mejores jugadores/as de waterpolo español para que los entrenadores puedan comparar y tener cómo referencia.
6. Introducción de nuevos protocolos de valoración de la fuerza de empuje: fuerza de empuje frontal y de espaldas para diferenciar entre las posiciones de juego de los interiores.
7. Introducción de la valoración de la altura mantenida con el objetivo de obtener mayor nivel de especificidad con las situaciones defensivas del juego.

VII. Perspectivas de futuro

De los estudios realizados en la presente tesis se desprenden futuras investigaciones:

1. Por la escasez de estudios publicados que se orienten a valorar las distintas manifestaciones de fuerza del waterpolo, tanto de forma genérica como específica, se considera que se debe de seguir evaluando para obtener más datos de referencia.
2. Existen pocos estudios transversales y longitudinales en el ámbito del waterpolo, en ambos géneros y especialmente en las categorías inferiores. Por ello se considera que debería seguirse investigando en esta línea.
3. Es importante determinar las posibles correlaciones entre los test en seco y en el medio acuático utilizando otro tipo de ejercicios del gimnasio y con una muestra de sujetos mayor.
4. Sería interesante complementar la batería de test mediante la filmación acuática para poder realizar un análisis biomecánico de estos. De esta manera, se obtendría una mayor información e interpretación de los valores desde el punto de vista técnico.
5. Para poder tener referencias de los/as mejores/as jugadores/as, debería realizarse la batería de test en jugadores/as de la categoría absoluta y establecer comparaciones entre las distintas posiciones de juego.

6. Otro de los aspectos interesantes a considerar sería comparar los distintos test con y sin fatiga y examinar si se establecen diferencias entre los jugadores de distinto nivel.

VIII. Bibliografía

1. Seirul-lo, F. (2002). La preparación física en los deportes colectivos. Entrenamiento Estructurado. Jornadas sobre rendimiento deportivo. Valencia.
2. Solé, J. (2008). Teoría del entrenamiento deportivo. Barcelona: Sicropat Sport.
3. Tous, J. (2006). Apuntes master profesional en alto rendimiento en deportes colectivos. Entrenamiento de la fuerza en deportes colectivos. Barcelona. INEFC.
4. Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign, IL. Human Kinetics.
5. Verkhoshansky, Y. & Stiff, M. C. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona. Paidotribo.
6. Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Rendimiento Deportivo*. INDE. Publicaciones. España.
7. McGinnis, P. (1999). *Biomechanics of sports and exercise*. Champaign, IL. Human Kinetics.
8. Leal, L., Martínez, D. & Sieso, E. (2012). *Fundamentos de la mecánica del ejercicio*. Resistanceinstitute.
9. Seirul-lo, F. (1987). Opción de planificación en los deportes de largo período de competiciones. *Rev. Entren. Deport.* 1, 53–62.
10. Lloret, M. (1998). *Waterpolo. Técnica, táctica y estrategia*. Madrid: Editorial Gymnos.
11. Schelling, X. & Torres, L. (2013). Conditioning for Basketball: Quality and quantity of training. *Strength & Conditioning Journal*. 35, 89–94.
12. Vila, M., Solé, J. & Padullés, J. M. (2014). Relació entre el treball de força en sec i el treball de força a l'aigua en jugadors de waterpolo. *Apunts. Educació física i esports*. 118, 4, 59–67.

13. Lewin, G. (1983). *Instrucción básica del waterpolo Natación*. Madrid: Pila Teleña.
14. Gardini, P. y Canino, B. (1996). Historia del waterpolo. *Curso de waterpolo*. Barcelona Editorial De Vecchi. Pág. 8-12.
15. Hernández, J. A. (2005). *Los orígenes del waterpolo* (en línea). Recuperado en enero 15, 2012 disponible en: <http://www.inatacion.com/articulos/modalidades/waterpolo.html>.
16. Baella, O. y Lloret, M. (2002). *Waterpolo*. Barcelona. Martínez Roca.
17. Parra, R., Martínez, E. J., & Zagalaz, M. L. (2006). Aproximación histórica del waterpolo. De los orígenes lúdicos al más alto nivel competitivo mundial y español. *Apunts. Educación Física y Deporte*, 86, 7–13.
18. Gavala, J. (2011). El origen y la historia del waterpolo. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*. 155 Recuperado en enero 10, 2012 disponible en: <http://www.efdeportes.com>
19. Castelo, M. (2000). Orígenes del waterpolo (en línea). Argentina, Recuperado en febrero 14, 2012 disponible en: http://www.oocities.org/waterpolomaster/Historia/Historia_del_waterpolo.
20. Rodríguez, J. (2000). *Historia del deporte*. Barcelona. Inde.
21. Lupo, C., Tessitore, A., & Capranica, L. (2010). National analysis of elite and sub-elite water polo matches. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (1), 223–229.
22. Platanou, T. (2009). Cardiovascular and metabolic requirements of water polo. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 3, 85–97.
23. Pinnington, H., Dawson, B. & Blanksby, B. (1987). Cardiorespiratory responses of water polo players performing the head-in-the water and the head-out-of-the-water front crawl swimming technique. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 15-19.
24. Hollander, A. (1994). Physiological strain during competitive water polo games and training. In Miyashita, Mutoh Y, Richardson A.B, eds. *Medicine and Science in Aquatic Sports*. Basel, Switzerland: karger; 178-185.

25. Pinnington, H. (1988). Heart-rate responses and the estimated energy-requirements of playing water polo. *Journal of Human Movement Studies*, 15 (3), 101-118.
26. Tan, F., and Polglaze, T., & Dawson, B. (2009). Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1095-1104.
27. Spencer, M., Rechichi, C., Lawrence, S., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2005). Time-motion analysis of elite field hockey during several games in succession: a tournament scenario. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(4), 382-391.
28. Abdelkrim, N. B., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75.
29. Smith, H. K. (1998). Applied physiology of water polo. *Sports Medicine*, 26(5), 317-334.
30. Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162.
31. Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528.
32. Reilly, T. (2003). *Motion analysis and physiological demands. Science and soccer*. In: Reilly, T, Williams, A.M (eds). Science and soccer. London, UK: Routledge, 2, 59–72.
33. Dopsaj, M., Milošević, M., Matković, I., Arlov, D., & Blagojević, M. (1999). The relation between sprint ability in free-style swimming and force characteristics of different muscle groups, in K. Keskinen, P. Reliability and Validity of Basic Kinematics and Mechanical Characteristics of Pulling Force in Swimmers. Komi, A.P. Hollander (Editors), Biomechanics and Medicine in Swimming VIII (pp. 203-208). Jyväskylä: Department of

- Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.
34. Hohmann, A. & Frase, R. (1992). Analysis of swimming speed and energy metabolism in competition water polo games. In: MacLaren D., Reilly T., Less A., eds. *Medicine and Science in Aquatic Sports*. London, UK: E & FN Spon. 313-319.
 35. Platanou, T. & Geladas, N. (2006). The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. *Journal of Sports Science*, 24 (11), 1173–81.
 36. Platanou, T. (2004). Time motion analysis of international level water polo players. *Journal of Human Movement Studies*, 46(4), 319–331.
 37. Sugrañes., J. L. (1995). Time motion análisis en waterpolo. Memoria de investigación del INEFC de Lleida (sin publicar).
 38. Smith, H. K. (1991). Physiological fitness and energy demands of water polo; time-motion analysis of field players and goaltenders. *Procede de la Federación Internacional de Natación Amater (FINA). First World Water Polo Coaches seminar*,(pp.183-207). Athenes Lausanne: FINA.
 39. Sardella, F., Alippi, B., Rudic, R. Castellucci, G., & Bonifazi, M. (1990). Analisi fisiometabolica della partite. *Tecnica del Nuoto*, 19, 21–24.
 40. Melchiorri, G., Castagna, C., Sorge, R., & Bonifazi, M. (2010). Game activity and blood lactate in men's elite water-polo players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2647–2651.
 41. Petric, T. (1991). Testing the players to improve coaching. In *Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar* (pp. 131-8).
 42. Rudic, R., D'otavvio, S., Bonifazi, M. Alippi, B. Gatta, G. & sardella, F. (1999). Il modello funzionale nella pallanuoto. *Tecnica del Nuoto*, 26, 21–24.
 43. Platanou, T., Grasso, G., Cufino, B., & Giannouris, Y. (2007). Comparison of the offensive action in water polo games with the old and new rules. *Book of abstract of 12th European College of Sport Sciences. July 11-14, Jyväskylä, Finland*, 576.

44. Abrales, J.A., Ferragut, A., 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 Science*, 11(Suppl 2), 41–44.
45. Lupo, C., Condello, G., & Tessitore, A. (2012). Notational analysis of elite men ' s water polo related to specific margins of victory. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 516–525.
46. Platanou, T., & Bottonis, P. (2010). Throwing accuracy of water polo players of different training age and fitness levels in a static position and after previous swimming. In *Book of proceedings of the XI Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, Norwegian School of Sport Sciences. Oslo: Norway* (pp. 281-3).
47. Lilley, G. (1982). A basis for the conditioning of state level water polo players. *PELOPS: Studies in Physical Education, Leisure Organization, Play and Sport*, 3, 25-29.
48. Melchiorri, G., Padua, E., Sardella, F., Manzi, V., Tancredi, V., & Bonifazi, M. (2010). Physiological profile of water polo players in different competitive levels. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(1), 19.
49. Platanou, T., & Thanopoulos, V. (2002). Time analysis of the goalkeeper's movements in water polo. *Kinesiology*, 34, 94–102.
50. D'Auria, S., & Gabbett, T. (2008). A time-motion analysis of international women's water polo match play. *Intérnational Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 305-319.
51. Gobbi, M., D'ercole, C., D'ercole, A., & Gobbi, F. (2013). The components of the jumps in expert and intermediate water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2685-2689.
52. Platanou, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(1), 26.

53. Tan, F. H., Polglaze, T., Dawson, B., & Cox, G. (2009). Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1530-1536.
54. Argudo-Iturriaga, F. M., Roque, J. I. A., Marín, P. G., & Lara, E. R. (2007). Influence of the efficacy values in counterattack and defensive adjustment on the condition of winner and loser in male and female water polo. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(2), 81-91.
55. Lupo, C., Tessitore, A., Minganti, C., King, B., Cortis, C., & Capranica, L. (2011). Notational analysis of American women's collegiate water polo matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 753-757.
56. Escalante, Y., Saavedra, J. M., Tella, V., Mansilla, M., García-Hermoso, A., & Dominguez, A. M. (2012). Water polo game-related statistics in Women's International Championships: Differences and discriminatory power. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3), 475-482.
57. Alcaraz, P. E., Abrales, J. A., Ferragut, C., Vila, H., Rodríguez, N., & Argudo, F. M. (2012). Relationship between characteristics of water polo players and efficacy indices. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1852-1857.
58. Aleksandrović, M., Naumovski, A., Radovanović, D., Georgiev, G., & Popovski, D. (2007). The influence of basic motor abilities and anthropometric measures on the specific motor skills of talented water polo players. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 5(1), 65-74.
59. Falk, B., Lidor, R., Lander, Y., & Lang, B. (2004). Talent identification and early development of elite water-polo players: a 2-year follow-up study. *Journal of Sports Sciences*, 22(4), 347-355.
60. Lupo, C., Tessitore, A., Cortis, C., Ammendolia, A., Figura, F., & Capranica, L. (2009). A physiological, time–motion, and technical comparison of youth water polo and Acquagoal. *Journal of Sports Sciences*, 27(8), 823-831.

61. Nespeira., A. B. (1997). Análisis time-motion el waterpolo de alto nivel. *Comunicaciones. Técnicas* 2, 39–46.
62. Solé, J. (2006). Apuntes master profesional en alto rendimiento en deportes colectivos. Entrenamiento de la resistencia en los deportes colectivos.
63. Bangsbo, J., Mohr, M., Poulsen, A., Perez-Gomez, J., & Krstrup, P. (2006). Training and testing the elite athlete. *Journal of Exercise Science and fitness*, 4(1), 1-14.
64. Pyke, F.(2000). *Introduction. In: Physical test for elite athletes*. Champaign: Human Kinetics.
65. Muller, E., Benko, U., Raschner, C., & Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32(1), 216–220.
66. Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. (2013). Sport-specific motor fitness tests in water polo: reliability, validity and playing position differences. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 646.
67. Sattler, T., Sekulic, D., Hadzic, V., Uljevic, O., & Dervisevic, E. (2012). Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1532-1538.
68. Kondrič, M., Uljević, O., Gabrilo, G., Kontić, D., & Sekulić, D. (2012). General anthropometric and specific physical fitness profile of high-level junior water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 32, 157-165.
69. Marrin, K., & Bampouras, T. (2008). Anthropometric and physiological changes in elite female water polo players during a training year. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 2(3), 75-83.
70. Tsekouras, Y. E., Kavouras, S. A., Campagna, A., Kotsis, Y. P., Syntosi, S. S., Papazoglou, K., & Sidossis, L. S. (2005). The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 35-41.

71. McMaster, W. C., Long, S. C., & Caiozzo, V. J. (1991). Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 72-75.
72. Bloomfield, J., Blanksby, B. A., Ackland, T. R., & Allison, G. T. (1990). The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(3), 63-7.
73. Platanou, T., & Veramenti, E. (2011). Relationships between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(2), 185.
74. Varamenti, E., & Platanou, T. (2008). Comparison of anthropometrical, physiological and technical characteristics of elite senior and junior female water polo players: a pilot study. *The Open Sports Medicine Journal*, 2(1), 50-55.
75. 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.
76. Veliz, R. R., Requena, B., Suarez-Arrones, L., Newton, R. U., & de Villarreal, E. S. (2014). Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 1007-1014.
77. Mujika, I. (2007). Seguimiento científico del waterpolo: el modelo australiano. *NSW: Natación, saltos/sincro, waterpolo*, (1), 7-10.
78. 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. In *XI Congress on Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo*.

79. 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), 236-240.
80. De Villarreal, E. S. (2006). Determinación de la potencia en jugadores de waterpolo y su relación con otras variables de rendimiento. *Comunicaciones Técnicas*, (4), 19-28.
81. Ball, K. (1996). Biomechanical analysis of the waterpolo delay shot. In *Proceeding of the first Australasian Biomechanics Conference*. Sydney.
82. Vila H., Ferragut C., Argudo F.M, Abrales J.A. , Rodríguez N., Alacid F.(2009). Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in water polo players. *Journal of Human Sport & Exercise*, 4(1), 62-74.
83. Van der Wende, K.(2005). The effects of game specific task constraints on the outcome of the water polo shot (Doctoral dissertation, Auckland University of Technology).
84. Lozovina, V., & Pavicic, L. (2004). Anthropometric changes in elite male water polo players: survey in 1980 and 1995. *Croatian Medical Journal*, 45(2), 202-205.
85. Mészáros, J., Soliman, Y., Othman, M., & Mohácsi, J. (1998). Body composition and peak aerobic power in international level Hungarian athletes. *Facta universitatis-series: Physical Education*, 1(5), 21-27.
86. Solé J., Moras G., Padullés J.M., Roig A., Balias X., (2009). Control de la fuerza específica en waterpolo. in *II Congreso del Waterpolo Español*.
87. Uljevic, O., Esco, M. R., & Sekulic, D. (2014). Reliability, validity, and applicability of isolated and combined sport-specific tests of conditioning capacities in top-level junior water polo athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1595-1605.
88. Stirn, I., Strmecki, J., & Strojnik, V. (2014). The examination of different tests for the evaluation of the efficiency of the eggbeater kicks. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 215-226.

89. Dos Santos, K. B., Pereira, G., Papoti, M., Bento, P. C. B., & Rodacki, A. (2013). Propulsive force asymmetry during tethered-swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 606-11.
90. Takagi, H., & Sanders, R. (2000). Hydrodynamics makes a splash. *Physics World*, 13(9), 39.
91. Llana, S., Tella, V., Benavent, J., & Brizuela, G. (2002). Analysis of tethered swimming force, tethered swimming power, swimming power, swimming speed and anthropometrical characters of young swimmers in crawl stroke. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
92. Yeater, R. A., Martin, R. B., White, M. K., & Gilson, K. H. (1981). Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. *Journal of Biomechanics*, 14(8), 527-537.
93. Dos Santos, K.B., Bento, P. C., Pereira, G., & Rodacki, A. L. (2014). The relationship between propulsive force in tethered-swimming and 200m-front crawl performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2093-2099.
94. Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161-169.
95. Toussaint, H. M., & Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 11(3), 228-233.
96. Dos Santos, K. B., Pereira, G., Papoti, M., Bento, P. C. B., & Rodacki, A. (2013). Propulsive force asymmetry during tethered-swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 606-11.

97. Dopsaj, M., Matković, I., Thanopoulos, V., Okičić, T., Dopsaj, M., Matković, I., Okičić, T. (2004). Reliability and validity of basic kinematics and mechanical characteristics of pulling force in swimmers measured by the method of tethered swimming with maximum intensity of 60 seconds. *Physical Education and Sport*, 1, 11-22.
98. Schleihauf, R. E., Gray, L., & DeRose, J. (1983). Three-dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In: Hollander, A.P., Huijin, P.A., Groot, G. de eds. *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Champaign, Ill. Human Kinetics Publisher. pp. 173-184.
99. Takagi, H., & Wilson, B. (1999). Calculating hydrodynamic force by using pressure differences in swimming. *Biomechanics and medicine in swimming VIII. University of Jyväskylä, Jyväskylä*, 101-106.
100. Wirtz, W., Bieder, A., Wilke, K., & Klauck, J. (1999). Semi-tethered swimming as a diagnostic tool for swimming technique and physical performance. *Biomechanics and Medicine in Swimming*, 8, 265-268.
101. Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161-169.
102. Sidney, M., Pelayo, P., & Robert, A. (1996). Tethered forces in crawl stroke and their relationship to anthropometric characteristics and sprint swimming performance. *Journal of Human Movement Studies*, 31(1), 1-12.
103. Dopsaj, M., Matković, I., Zdravković, I., Dopsaj, M., Matković, I., & Zdravković, I. (2000). The relationship between 50m-freestyle results and characteristics of tethered forces in male sprint swimmers: A new approach to tethered swimming test. In *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 1, 7: 15-22.

104. Morouço, P.G (2009). Force production in tethered swimming and its relationship with performance. A new approach to evaluate the anaerobic capacity of swimmers? Tesis Doctoral. Universidad de Porto.
105. Morouço, P. G., Fernandes, R. J., Marques, M. C., & Marinho, D. A. (2011). Tethered swimming as a useful tool to measure unbalance between arms and force production decrease. *Portuguese Journal of Sports Science*, 11(Suppl,2), 339–342.
106. Vorontsov, A. R., Popov, O., Chupakhin, B., & Binevsky, D. (1982). Pulling Force in The Water Flume During Tethered Swimming as Criteria of Swimming Skill. *Theory and Practice of Physical Culture*, 9, 7-9.
107. Sharp, R. L., Troup, J. P., & Costill, D. L. (1981). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(1), 53-56.
108. Costill, D. L., Rayfield, F., Kirwan, J., & Thomas, R. (1986). A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *Journal of Swimming Research*, 2(1), 16-19.
109. Hopper, R. T., Hadley, C., Piva, M., & Bambauer, B. (1983). Measurement of power delivered to an external weight. *Biomechanics and Medicine in Swimming IV*, 113-119.
110. Dominguez-Castells, R., Izquierdo, M., Arellano, R. (2013). An updated protocol to assess arm swimming power in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 34, 324–9.
111. Dominguez-Castells, R. & Arellano, R. (2012). Effect of different loads on stroke and coordination parameters during freestyle semi-tethered swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32, 33–41.
112. Pessoa Filho, D. M. & Denadai, B. S. (2008). Mathematical basis for modeling swimmer power output in the front crawl tethered swimming: an application to aerobic evaluation. *Open Sports Science Journal*, 7, 31–37.
113. Arellano, R. (1992). Evaluación de la fuerza propulsiva en natación y su relación con el entrenamiento y la técnica (Tesis doctoral). *Universidad de Granada, Instituto Nacional de Educación Física. Granada*.

114. Keskinen, K. L., Tilli, L. J. & Komi, P. V. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 11, 87–92.
115. Aspenes, S., Kjendlie, P.-L., Hoff, J. & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 357–65.
116. Giroid, S., Maurin, D., Dugué, B., Chatard, J. C., & Millet, G. (2007). Effects of dry-land vs. resisted and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 599-605.
117. Giroid, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhau, N., & Chatard, J. C. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(3), 547-554.
118. Rohrs, D. M., & Stager, J. M.(1991). Evaluation of anaerobic power and capacity in competitive swimmers. *Journal of Swimming Research*, 7, 12–16.
119. Martin, R. B., Yeater, R. A., & White, M. K. (1981). A simple analytical model for the crawl stroke. *Journal of Biomechanics*, 14, 539–548.
120. Christensen, C. L., & Smith, G. W. (1987). Relationship of maximum sprint speed and maximal stroking force in swimming. *Journal of Swimming Research*, 3, 18–20.
121. Morouço, P. G., Marinho, D. a, Keskinen, K. L., Badillo, J. J. & Marques, M. C. (2014). Tethered swimming can be used to evaluate force contribution for short-distance swimming performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3093-3099.
122. Kjendlie, P. L., & Thorsvald, K. (2006). A tethered swimming power test is highly reliable. *Portuguese Journal of Sports Science*, 6, 231–233.

123. Papoti, M., Martins, L. E. B., Cunha, S. A, Zagatto, A. M. & Gobatto, C. A. (2007). Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 538–542.
124. Morouço, P., Neiva, H., González-Badillo, J., Garrido, N., Marinho, D., & Marques, M. (2011). Associations between dry land strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: a pilot study. *Journal of human kinetics*, 29 (Special Issue), 105-112.
125. Rohrs, D. M., & Stager, J. M. (1991). The journal of swimming research. Evaluation of anaerobic power and capacity in competitive swimmers. *Journal of Swimming Research*, 7, 12–16.
126. De Ste Croix, M., Armstrong, N., Welsman, J. R., & Sharpe, P. (2002). Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Annals of Human Biology*, 29(1), 50-62.
127. Lauder, M. A., Dabnichki, P., & Bartlett, R. M. (2001). Improved accuracy and reliability of sweepback angle, pitch angle and hand velocity calculations in swimming. *Journal of Biomechanics*, 34, 31–39.
128. Sanders, R. H., & Psycharakis, S. G. (2009). Rolling rhythms in front crawl swimming with six-beat kick. *Journal of Biomechanics*, 42, 273–279.
129. Vorontsov, A. R., Dyrco, V., Binevsky, D., Solomatin, V., & Sidorov, N. (1999). Patterns of growth for some characteristics of physical development, functional and motor abilities in boy-swimmers 11-18 years. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII. Eds. Keskinen, KL, Komi, PV and Hollander, AP Jyvaskyla, Gunners, (11)*, 303-311.
130. Trappe, S. W., & Pearson, D. R. (1994). Effects of Weight Assisted Dry-Land Strength Training on Swimming Performance. *Journal of Strength and Conditionin Research*, 8, 209–213.
131. Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W. & NiŹnikowski, T. (2012) Effectiveness of the power dry-land training programmes in youth swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 32, 77–86.

132. Sanders., R. H. (1999). A model kinematics variable determining height achieved in water polo boosts. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 270–283.
133. Oliveira, N., Fernandes, R. J., Sarmiento, M., Liberal, S., Figueiredo, P. A., Gonçalves, P., & Villas-Boas, J. P. (2010). Muscle activity during the typical water polo eggbeater kick. *International Journal of Aquatic Research & Education*, 4(2),163-174.
134. Platanou, T. (2006). Simple ‘in-water’ vertical jump testing in water polo. *Kinesiology*, 38, 57–62.
135. Bampouras, T. M., & Marrin, K. (2009). Comparison of two anaerobic water polo-specific tests with the Wingate test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 336-340.
136. Bampouras, T. M. & Marrin, K. (2010). Reliability of the 30-seconds crossbar jumps water polo test in female players. *Serbian Journal of Sports Science*, 4, 69–73.
137. Yordan Donev, Anas Mtan, Maya Nikolova, V. B. and M. A. (2009). Basic distinctions in factor structure of the specific workability of 13-14 years old Syrian water polo players under the conditions of one and two cycle planing of the year training sessions. *Sport Science*, 2, 24–30.
138. Alexander, M., Hayward, J., & Honish, A. (2010). Water polo: a biomechanical analysis of the shot. *Winnipeg: The University of Manitoba, Sport Biomechanics Lab*.
139. Ball, K. (2005b). The shot: described. *Sport science information for coaches*. Extraído abril 24, 2012 disponible en: <http://www.coachesinfo.com>.
140. Alexander, M., & Honish, A. (2005). The Water Polo Shot. *Sport science information for coaches*. Extraído marzo 10, 2012 disponible en: <http://www.coachesinfo.com>.
141. Jöris, H. J., van Muyen, A. J., van Ingen Schenau, G. J. & Kemper, H. C. (1985). Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *Journal of Biomechanics*, 18, 409–414.

142. Elliott, B. C., & Armour, J. (1988). The penalty throw in water polo: a cinematographic analysis. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 103-114.
143. 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.
144. Michael E. Feltner and Grant Taylor.(1997). Three Dimensional kinetics of the shoulder elbow and wrist during a penalty throw in water polo. *Journal Applied of Biomechanics*, 13, 347–372.
145. Whiting, W. C., Puffer, J. C., Finerman, G. A., Gregor, R. J., & Maletis, G. B. (1985). Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. *The American Journal of Sports Medicine*, 13(2), 95-98.
146. Ferragut, C., Abrales, J., Vila, H., Rodriguez, N., Argudo, F., & Fernandes, R. (2011). Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *Journal of Human Kinetics*, 27, 31-44.
147. Freeston, J., Rooney, K., Smith, S., & O'Meara, D. (2014). Throwing performance and test-retest reliability in olympic female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2359-2365.
148. Alcaraz, P. E., Abrales, J. A., Ferragut, C., Rodríguez, N., Argudo, F. M., & Vila, H. (2011). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of women's European water polo subchampions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3051-3058.
149. Melchiorri, G., Padua, E., Padulo, J., D'Ottavio, S., Campagna, S., & Bonifazi, M. (2011). Throwing velocity and kinematics in elite male water polo players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 51(4), 541-546.
150. Stevens, H. B., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Spiering, B. A. (2010). Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1195-1198.

151. De Villarreal, E. S., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ramos-Veliz, R. (2014). Effects of Dry-Land Vs. In-Water Specific Strength Training on Professional Male Water Polo Players' Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3179-3187.
152. Veliz, R. R., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., Feito, J., & de Villarreal, E. S. (2015). Effects of In-Competitive Season Power-Oriented and Heavy Resistance Lower-Body Training on Performance of Elite Female Water Polo Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 458-465.
153. Royal, K. A., Farrow, D., Mujika, I., Halson, S. L., Pyne, D., & Abernethy, B. (2006). The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 807-815.
154. Russell, M., & Kingsley, M. (2011). Influence of exercise on skill proficiency in soccer. *Sports Medicine*, 41(7), 523-539.
155. Elamaran, M. (2014). Effect of strength training exercise on instep kick performance of soccer player. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports*, 3, 80–84.
156. Loturco, I., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Gil, S., Kobal, R., Abad, C. C. & Nakamura, F. Y. (2015). Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 758-764.
157. Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(12), 1693-1702.
158. Alexander, M. J. (1989). The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14(3), 148-157.

159. Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 285–288.
160. Seitz, L. B., Trajano, G. S., & Haff, G. G. (2014). The back squat and the power clean: elicitation of different degrees of potentiation. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 643-9.
161. Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction?. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282-288.
162. 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.
163. 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.
164. Triplett, T., Fleck, S. J., Smith, S. L., Bielen, R. J., & Smith, M. (1991). Isokinetic torque and throwing velocity in water polo. *Medicine and Science In Sports & Exercise*, 23 (4 suppl): S11.
165. Van den Tillaar, 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.
166. Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
167. Taiana, F., Grehaigne, J. F., & Cometti, G. (1993). The influence of maximal strength training of lower limbs of soccer players on their physical and kick performances. *Science and soccer II*, 98-103.

168. Manolopoulos, E., Katis, A., Manolopoulos, K., Kalapotharakos, V., & Kellis, E. (2013). Effects of a 10-week resistance exercise program on soccer kick biomechanics and muscle strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(12), 3391-3401.
169. Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., & Kellis, E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(2), 102-110.
170. Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D. & Gonzalez-Badillo, J. J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2, 414–422 (2007).
171. Saeterbakken, A. H., Van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 712-718.
172. Gehri, D. J., Ricard, M. D., Kleiner, D. M., & Kirkendall, D. T. (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(2), 85-89.
173. García, M. (1998). Programa de fuerza, velocidad y potencia para el incremento de velocidad en el lanzamiento de balón en waterpolo. *Comunicaciones Técnicas*, 2, 9–15.
174. Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1-11.
175. Castro-Piñero JL, González-Montesinos J, Mora XD, Keating MJ, Girela-Rejón M, S. & JR., R. (2009). Percentile values for muscular strength field test in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2295–2310.

176. Dore, E. R. I. C., Bedu, M., Franca, M, Diallo, Ousmane. E., Duche, P., & Van Praagh, Manuel, E. M. (2000). Testing peak cycling performance: effects of braking force during growth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 493-498.
177. Martin, R. J., Dore, E. R. I. C., Twisk, J. V., van Praagh, Manuel. E. L., Hautier, C. A., & Bedu, M. (2004). Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 498-503.
178. Golle, K., Granacher, U., Hoffmann, M., Wick, D., & Muehlbauer, T. (2014). Effect of living area and sports club participation on physical fitness in children: a 4 year longitudinal study. *BMC public health*, 14(1), 1.
179. Beunen, G., & Thomis, M. (2000). Muscular strength development in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 12, 174-197.
180. Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, I L. Human Kinetics Books.
181. Ervin, R. B., Wang, C. Y., Fryar, C. D., Miller, I. M., & Ogden, C. L. (2013). Measures of muscular strength in US children and adolescents, 2012. *NCHS data brief*, 139, 1-8.
182. Neu, C. M., Rauch, F., Rittweger, J., Manz, F., & Schoenau, E. (2002). Influence of puberty on muscle development at the forearm. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 283(1), E103-E107.
183. Castro-Piñero, J., González-Montesinos, J. L., Mora, J., Keating, X. D., Sjöström, M., & Ruiz, J. R. (2010). Percentile values for running sprint field tests in children ages 6–17 years: Influence of weight status. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(2), 143-151.
184. Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., España-Romero, V., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodríguez, G., & Castillo, M. J. (2011). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(1), 20-29.

185. Bale, P., Mayhew, J. L., Piper, F. C., Ball, T. E., & Willman, M. K. (1992). Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(2), 142-148.
186. Bovet, P., Auguste, R., & Burdette, H. (2007). Strong inverse association between physical fitness and overweight in adolescents: a large school-based survey. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 4(1), 24.
187. Croix, M. D. S. (2007). Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(3), 292.
188. Armstrong, N., Welsman, J. & Chia, M. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *British Journal of Sports*, 35, 118–124.
189. Glenmark, B., Hedberg, G., Kaijser, L., & Jansson, E. (1994). Muscle strength from adolescence to adulthood—relationship to muscle fibre types. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68(1), 9-19.
190. Beunen, G. (2001). Physical growth, maturation and performance. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual*, 1, 65-90.
191. Loko, J., Aule, R., Sikkut, T., Erelina, J., & Viru, A. (2000). Motor performance status in 10 to 17-year-old Estonian girls. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10(2), 109-113.
192. Malina, R. M. (2001). Physical activity and fitness: pathways from childhood to adulthood. *American Journal of Human Biology*, 13(2), 162-172.
193. Michaud, P. A., Narring, F., Cauderay, M., & Cavadini, C. (1999). Sports activity, physical activity and fitness of 9-to 19-year-old teenagers in the canton of Vaud (Switzerland). *Schweizerische Medizinische Wochenschrift*, 129(18), 691-699.

194. Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2006). The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. *Sports Medicine*, 36(12), 1067-1086.
195. Ikai, M., & Fukunaga, T. (1968). Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie*, 26(1), 26-32.
196. Smits-Engelsman, B. C. M., Westenberg, Y., & Duysens, J. (2003). Development of isometric force and force control in children. *Cognitive Brain Research*, 17(1), 68-74.
197. Taylor, S., MacLaren, D., Stratton, G, & Lees, A. (2003). The effects of age, maturation and growth on tethered swimming performance. *Biomechanics and Medicine in Swimming IX. Saint-Étienne*, 85-190.
198. Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibanez, 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), 264-271.
199. Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90.
200. Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodológicos*. Barcelona. Inde.
201. Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona. Ergo.
202. Veladés, D., & Palao Andrés, J. M (2012). El radar como instrumento de control del entrenamiento. *Rendimiento en el Deporte. XI*, 30–35.

203. Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J. & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 528–33.
204. Cândido, P. E. F., Teixeira, J. V. S., Moro, A. R. P., & Gontijo, L. A. (2012). Biomechanical strain of goldsmiths. *Work-Journal of Prevention Assessment and Rehabilitation*, 41, 2506.
205. Torres, L., Fortó, J. S., Cuéllar, L. V., & Matas, X. B. (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. Educació Física i Esports*, (101), 75.
206. 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.
207. Rodriguez, F. A., & Iglesias, X. (2000). Cardiorespiratory demands and estimated energy cost in water polo games. *Journal of Sports Science*, 18, 506-507.
208. Veliz, R. R., Requena, B., Suarez-Arrones, L., Newton, R. U., & de Villarreal, E. S. (2014). Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 1007-1014.
209. Ria, B. (1990). Assessment of the mechanical power in the young swimmer. *Journal of Swimming Research*, 6, 11-15.
210. Kalva-Filho, C. A., Zagatto, A. M., Araújo, M. I., Santiago, P. R., da Silva, A. S., Gobatto, C. A., & Papoti, M. (2015). Relationship Between Aerobic and Anaerobic Parameters From 3-Minute All-Out Tethered Swimming and 400-m Maximal Front Crawl Effort. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 238-245.

211. Amaro, N., Marinho, D. A., Batalha, N., Marques, M. C., & Morouço, P. (2014). Reliability of tethered swimming evaluation in age group swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 155-162.
212. Martin, R. La fuerza relativa (Fr). (1987). *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1, 70-77.
213. Tan, F. H., Polglaze, T., Dawson, B., & Cox, G. (2009). Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1530-1536.
214. Melchiorri, G., Manzi, V., Padua, E., Sardella, F., & Bonifazi, M. (2009). Shuttle Swim Test for water polo players: validity and reliability. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(3), 327.
215. Tan, F. H., Polglaze, T., & Dawson, B. (2009). Comparison of progressive maximal swimming tests in elite female water polo players. *International Journal Sports Physiology and Performance*, 4(2), 206-217.
216. Van den Tillaar, 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.
217. Viru, A., Loko, J., Harro, M., Volver, A., Laaneots, L., & Viru, M. (1999). Critical periods in the development of performance capacity during childhood and adolescence. *European Journal of Physical Education*, 4(1), 75-119.
218. Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 4ª Edición. Barcelona. Paidotribo.
219. Malina, R. M. (1994). Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and sport Sciences Reviews*, 22(1), 280-284.
220. Schneider, P., Benetti, G., & Meyer, F. (2004). Muscular strength of 9-18-year old volleyball athletes through computational dynamometry. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(2), 85-91.
221. Saltin, B., & Gollnick, P. D. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. *Comprehensive Physiology*.

222. Van Praagh, E. (2000). Development of anaerobic function during childhood and adolescence. *Pediatric Exercise Science*, 12(2), 150-173.

VII. Anexos

Relació entre el treball de força en sec i el treball de força a l'aigua en jugadors 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 - Centre de Barcelona (Espanya)

Autor per a la correspondència

Moisés Vila Blanch

aremoi23@hotmail.com

Resum

El propòsit del present estudi va ser determinar si s'estableixen correlacions entre la potència muscular de les extremitats superiors i inferiors, mitjançant els exercicis pectoral contractor o "peck-deck" i premsa de cames, amb la velocitat de llançament amb dues tècniques diferents (T1: llançament amb suport inicial de la pilota a l'aigua. T2: llançament amb doble finta), l'alçada i alçada mantinguda de salt i les característiques antropomètriques en 9 jugadors de la selecció catalana de waterpolo ($16,8 \pm 0,8$ anys, massa corporal de $73,5 \pm 7,2$ kg, alçada de $184,7 \pm 7,9$ cm i IMC de $21,5 \pm 1,3$ (kg·m⁻²). Els resultats van indicar que encara que no hi ha significació estadística, sí s'observa una tendència a una correlació moderada entre la màxima potència en l'exercici de "peck-deck" i la màxima velocitat de llançament amb ambdues tècniques de llançament ($r = 0,50$, $p > 0,05$ i $r = 0,66$ $p > 0,05$, tècnica 1 i tècnica 2, respectivament). Les correlacions entre la màxima potència en premsa de cames i la màxima alçada i alçada mantinguda de salt van ser baixes i no significatives ($r = 0,31$ $p > 0,05$ i $r = 0,00$ $p > 0,05$, respectivament). Finalment, es va determinar a nivell antropomètric, que el pes, envergadura i pes muscular correlacionaven amb la potència mecànica a la màquina de "peck-deck" ($r = 0,867$ $p < 0,01$); ($r = 0,71$ $p < 0,05$); ($r = 0,86$ $p < 0,01$), respectivament.

Paraules clau: força, waterpolo, potència mecànica, composició 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 ± 0.8 years, body mass 73.5 ± 7.2 kg, height 184.7 ± 7.9 cm and BMI 21.5 ± 1.3 [kg·m⁻²]). 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

Introducció

En el transcurs d'un partit de waterpolo es produeixen moltes accions de diferent durada i intensitat, com saltar, llançar, lluitar, nedar, etc. En aquest tipus d'esports, que requereixen d'una òptima combinació de força i velocitat, tenir la capacitat per generar potència muscular sembla decisiu per maximitzar el rendiment (Izquierdo, Häkkinen, González-Badillo, Ibañez, & Gorostiaga, 2002). És per això que, un bon desenvolupament d'aquestes qualitats permetrà que les accions esportives s'executin de manera més eficient i reeixida (Baker, 1995; Saez Saez, 2006).

De les diferents accions que es produeixen durant el partit, el llançament és considerat una de les més determinants. La combinació d'una alta velocitat en el llançament juntament amb una bona precisió dificultarà que la pilota sigui interceptada tant pels defensors com per als porters. Segons els diferents autors, la velocitat del llançament en waterpolo depèn de diferents factors com: la força muscular, la tècnica, l'adequada sincronització dels diferents segments corporals, la capacitat d'elevació del cos fora de l'aigua en el llançament i les característiques antropomètriques (Joris, Van Muyen, Van Ingen Schenau, & Kemper, 1985; McCluskey et al., 2010).

Altres accions, considerades també molt importants en aquest esport, són l'alçada de salt i l'alçada mantinguda. En el transcurs del joc apareixen moltes situacions on el cos es mou verticalment fora de l'aigua amb l'objectiu de llançar a porteria, bloquejar un llançament o per passar la pilota (Platanou, 2005; Sanders, 1999). Destaquem que els estudis publicats s'han centrat principalment a valorar la màxima alçada de salt, i no en la capacitat de mantenir el més alt possible el cos fora de l'aigua.

En la bibliografia científica són molts els estudis que s'han interessat a determinar si hi ha correlació entre els exercicis generals de força i les accions específiques de l'esport (Baker & Nance, 1999; Bosco, 1997; Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdet, 2005; Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007). Per exemple, en diferents treballs s'ha demostrat una forta correlació entre l'alçada de salt vertical en el terra amb la producció de força i potència de les extremitats inferiors (Ashley & Weiss 1994; Canavan & Vescovi, 2004; Podolsky, Kaufman, Cahalan, Aleshinsky, & Chao, 1990). També ha estat de gran interès la resposta que produeixen diferents mètodes d'entrenament sobre

els nivells de força i potència muscular, induint així a la millora del rendiment esportiu específic de cada esport (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard 2010; Van den Tillar 2004).

En l'àmbit del waterpolo, l'avaluació de la força i potència muscular, i la seva relació amb el rendiment del joc, ha estat molt poc investigada. Bloomfield, Blanksby, Ackland i Allison (1990) han valorat la força isomètrica d'agafada, l'extensió del braç i la força de rotació mitjançant un cable de tensiometria. No van trobar modificacions en la velocitat de llançament, però sí increments en els nivells de força. En l'estudi dut a terme per Ferregut, Vila et al. (2011) es va evidenciar una correlació entre la força isomètrica d'agafada i la velocitat de llançament amb porter, però no en altres situacions de llançament. Krueger, Focke, Sperlich, Zinner i Mester (2010) constaten una correlació moderada entre la força dinàmica màxima del *pull-over* i la rotació de tronc cap a l'esquerra, amb la velocitat de llançament.

En relació amb les extremitats inferiors, Saez Saez (2006); Platanau (2005); Platanau i Varamenti (2011) i Sanbers (1999), comproven que no hi ha correlació entre el salt vertical en sec i a l'aigua. Els autors atribueixen aquests resultats a les particularitats tècniques del moviment requerides a l'aigua. D'altra banda, Krueger et al., (2010) i McCluskey et al. (2010) troben una correlació moderada entre extremitats inferiors i la velocitat de llançament.

La comunitat científica també s'ha interessat per la composició corporal dels esportistes, permetent proporcionar informació sobre l'estructura de l'esportista i les adaptacions produïdes causades per l'entrenament (Vila et al., 2009). A més a més, també s'ha estudiat la influència d'aquestes característiques antropomètriques amb el rendiment esportiu. En aquesta línia, alguns autors han analitzat les característiques antropomètriques amb les variables de rendiment en waterpolo, especialment amb el llançament (Ferregut, Vila et al., 2011; Wende, 2005; Vila et al., 2009). En l'estudi presentat per Wende (2005) es va determinar la relació entre la circumferència del braç amb la velocitat de llançament. Vila et al. (2009) van establir correlacions entre el diàmetre del fèmur i la longitud acròmion radial amb la velocitat de llançament sense porter. Finalment, Ferregut, Vila et al. (2011) van observar que tant l'amplària biacromial com l'amplària biepicondilar del fèmur correlacionen amb la velocitat de llançament amb porter.

En waterpolo, una part important de l'entrenament de la força es fa fora de l'aigua, i està orientat a incrementar la força i potència muscular, així com també a la prevenció de lesions. Per a això s'utilitza material del gimnàs (pesos lliures i màquines de musculació), deixant en un segon pla l'especificitat en l'entrenament d'aquesta qualitat (Smith, 1998). A més a més, els estudis que realitzen avaluacions a l'aigua se centren principalment a mesurar la màxima velocitat de llançament en diferents situacions i la màxima alçada de salt. No apareixen investigacions on es valori la capacitat de mantenir, el més alt possible, el cos fora de l'aigua durant un determinat temps. És per això, que tant pel seu nivell d'especificitat, com per la seva importància en les accions defensives, s'hauria d'incloure en el protocol de valoració. En aquest treball es presenta una proposta per al seu control.

Per últim, el propòsit d'aquest estudi és determinar si s'estableixen correlacions entre la potència muscular de les extremitats superiors i inferiors, mitjançant els exercicis de "peck-deck" i premsa de cames, amb la velocitat de llançament, l'alçada i alçada mantinguda de salt i les característiques antropomètriques en jugadors de waterpolo.

Material i mètodes

Subjectes

Nou jugadors, de la Federació Catalana de Waterpolo, amb una mitjana d'edat de $16,8 \pm 0,8$ anys, massa corporal de $73,5 \pm 7,2$ kg i alçada 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, % gras $10,9 \pm 2,1$, pes gras $8,1 \pm 2,1$ kg, % muscular $48,6 \pm 1,6$ i pes muscular de $35,7 \pm 3,5$ kg van participar voluntàriament en aquest estudi. Tots els subjectes eren jugadors de camp i entrenaven una mitjana de 15 hores/setmana. Els jugadors van ser informats de l'objectiu, contingut i característiques del projecte. Així mateix, tots ells van signar per escrit el consentiment per formar part de la mostra. Cap d'ells patia cap malaltia o lesió que pogués limitar el rendiment esportiu.

Material

El material que es va utilitzar per a la realització d'aquest estudi va ser el següent:

- Velocímetre Radar Stalker Pro (Applied Concepts Inc., Pla Texas, TX, EUA) amb una precisió $\pm 0,1$ MPH, rang de velocitat 1 -300 MPH, 1-480 KPH amb una freqüència de registre de 100Hz i amb 0,045 sensibilitat $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Les unitats de mesura es van expressar en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Equip de valoració per a la força i la potència MuscleLab model 4000/4000e (Ergotest Innovtion a.s., Porsgrum Norway. Les unitats dels valors de força obtinguts es van expressar en watts (W).
- Pilota de waterpolo, model Mikasa 6000W Tricolor.
- Porteria reglamentària de waterpolo, mesures de $3 \times 0,90$ m.
- Material de cineantropometria: bàscula (kg), tallímetre (cm), plicòmetre (mm), i antropòmetre (cm).
- Càmera de filmar Casio ComputerCo.,Ltd EXILIM High speed EXFC 100,Tòquio.
- Trípede Hama Star 5 Traveller.
- Programa Kinovea 0.8.15. Les unitats es van expressar en m.
- Programa estadístic SPSS Inc., Chicago, IL, USA v.18.0.

Procediment

L'estudi es va fer a les instal·lacions del Centre d'Alt Rendiment (CAR) de Sant Cugat del Vallès (Barcelona). Es va comptar amb la participació de la unitat de fisiologia del CAR i del laboratori de fisiologia de l'INEFC Barcelona.

El procediment que es va aplicar per al desplegament del present estudi va consistir a executar els protocols de valoració que es descriuen a continuació en 2 dies diferents. D'aquesta manera, es va evitar que hi haguessin possibles influències per la fatiga acumulada. El primer dia es va fer el test de potència en premsa de cames horitzontal i en l'exercici de pectoral "peck-deck". El segon dia es va dur a terme el control de velocitat màxima de llançament, i el de màxima alçada i alçada mantinguda de salt. Es va informar els jugadors que seguissin una dieta normalitzada i hàbits saludables els dies anteriors i durant el projecte.

Tots els subjectes estaven familiaritzats amb els protocols, material i característiques de les proves. D'aquesta manera, es va garantir la correcta execució de cadascun dels tests. A continuació, es descriuen els protocols d'actuació de cada prova:

Test de potència muscular

Per a la seva avaluació es va fer un test de càrregues progressives realitzant les repeticions a màxima velocitat possible (Bosco, 1997). Els exercicis elegits per a la seva avaluació van ser la premsa de cames horitzontal i l'exercici de pectoral de "peck-deck". Previ a l'execució de les proves, els subjectes van fer un escalfament general que va consistir en exercicis de mobilitat articular i un escalfament específic de 15 repeticions de l'exercici a testar. En l'avaluació de la premsa de cames, el subjecte es col·locava inicialment amb les cames flexionades a 90°, monitoritzat amb el goniòmetre, fins a completar la màxima extensió. En l'exercici de "peck-deck", la posició de partida era amb flexió de colzes a 90° i a l'alçada de l'articulació escapulohumeral, fins a completar el recorregut. En cadascun dels continguts es va fer un test de càrregues progressives (4 càrregues) a diferents percentatges del RM (20 %, 40 %, 60 % i 80 % de RM) per poder obtenir la corba de potència (Tous, 1999). Per a cada càrrega, el subjecte executava repeticions fins que es produïa una disminució dels nivells de potència en dues repeticions consecutives. Al final de cada repetició (fase concèntrica) es feia una parada de 3 segons. De cadascun dels exercicis es va escollir, per a cada pes, la repetició amb què s'obtenien majors nivells de potència. Per a l'anàlisi estadística es va utilitzar el pic de màxima potència de la corba de potència – càrrega externa, de cada exercici.

Valoració de la velocitat de llançament

Per al registre de la velocitat màxima de la pilota es va emprar el radar StalkerPro, una eina de valoració objectiva de la velocitat d'un projectil (Ferregut, Alcaraz, Vila, Abraldes, & Rodríguez, 2010). Es va determinar la velocitat màxima de llançament utilitzant dues tècniques diferents de llançaments:

- Llançament amb suport inicial de la pilota a l'aigua (T1): el jugador subjecta la pilota per la seva banda superior, recolzat aquest a la superfície de l'aigua. A continuació arma el braç i llança el mòbil cap a la porteria.
- Llançament amb doble finta (T2): el subjecte inicia l'exercici amb el braç armat. A continuació realitza dues fintes consecutives sense aturada, i llança el mòbil cap a la porteria.

Després d'un escalfament de 10 min de nedada, 10 min de desplaçaments específics, 5 min de passades

en moviment i rotació completa i 5 min de llançaments a porteria es van realitzar els tests.

Per a la seva avaluació, cada jugador va executar cinc llançaments seguits a la màxima velocitat des de la zona de 6 m. Segons Arturo Abraldes, Ferregut, Rodríguez, Alcaraz i Vila (2011) van comprovar que el 52,86 % dels llançaments executats en un partit eren executats des d'una distància superior als 5 m. Els cinc llançaments es van fer en ambdues tècniques descrites anteriorment i amb el mateix ordre presentat. Entre cada tipus del llançament es va deixar un període de recuperació de 5 min. Els intents es van realitzar amb la mà hàbil, sense porter i havien d'acabar en gol. En el cas de fallar el llançament, aquest es tornava a repetir. Les repeticions es van fer lliurement, sense ordre prèvia. Els resultats es van anotar en un full de registre. Dels cinc llançaments es va seleccionar el millor per a l'ulterior anàlisi.

Valoració del salt vertical i l'alçada mantinguda

En aquest apartat es van plantejar dos objectius: valorar la màxima alçada vertical i la màxima alçada a què el jugador pot mantenir el cos fora de l'aigua durant 5 segons.

Per al seu registre s'ha utilitzat, en ambdues proves, una càmera de filmació d'alta velocitat. A més a més, es va utilitzar una taula de fusta, d'un metre de longitud, amb línies marcades cada cinc centímetres. Aquesta es va subjectar en un dels pals de la porteria per utilitzar-la com a referència de distàncies en el tractament de dades. Per a l'anàlisi de dades es va utilitzar el programa Kinovea.

Tots els participants van realitzar un escalfament estandarditzat previ a la realització de les proves, que va consistir en 10 min de nedada, 10 min d'exercicis generals i 10 min de moviments específics.

Màxima alçada vertical

La finalitat d'aquesta prova és mesurar la màxima alçada vertical a què el jugador pot moure el cos fora de l'aigua. En la fase inicial del test, el subjecte es manté surant amb l'apòfisi del mentó just per sobre de la superfície de l'aigua i sense oscil·lacions verticals. A continuació, sense ordre previ i lliurement, el jugador realitza el salt vertical cercant el màxim abast amb la mà. En tot moment, el jugador ha de mantenir el cap mirant cap a la mà. Es van fer tres repeticions amb cada braç i es va establir un descans de 3 min entre repeticions. Per a la

seva avaluació es va mesurar la distància entre la superfície de l'aigua i la màxima alçada de l'apòfisi del mentó. Dels 3 intents amb cada braç, es va seleccionar el millor i es va fer un mitjana d'aquests per a l'anàlisi estadística.

Màxima alçada a què el jugador es pot mantenir durant 5 segons

La finalitat d'aquesta prova és mesurar la màxima alçada a què el jugador pot mantenir el cos fora de l'aigua durant 5 segons. Inicialment, el subjecte es manté surant amb l'apòfisi del mentó just per sobre de la superfície de l'aigua i sense oscil·lacions verticals. A continuació, sense ordre previ i lliurement, el jugador eleva el cos fora de l'aigua intentant mantenir la màxima alçada durant els 5 segons. Durant la realització de l'avaluació, el subjecte ha de romandre amb el braç aixecat, simulant així l'acció de bloqueig. Així mateix, durant l'execució, el jugador ha de mantenir la posició del cap mirant cap endavant. En tot moment el cos ha de romandre en la mateixa zona, sense moviments anteroposteriors, i sense sobrepassar la referència mètrica. Per a la seva avaluació es va mesurar la distància entre la superfície de l'aigua i l'alçada de l'apòfisi del mentó. El mesurament comença en el moment que el jugador obté la màxima alçada i es registra durant 5 segons. El resultat s'obté fent un mitjana d'aquest interval de 5 segons. Dels 3 intents amb cada braç es va seleccionar el millor i es va fer un mitjana d'aquests per a l'anàlisi estadística.

Variabls antropomètriques

Aquesta fase va consistir a avaluar les característiques antropomètriques dels diferents jugadors, amb l'objectiu de caracteritzar-los morfològicament.

Els paràmetres que es van mesurar van ser el pes i la talla mitjançant una bàscula (Sartorius EA 150 FEG, Alemanya) amb una precisió mínima de 100 g i un tallímetre (Holtain) amb una precisió d'1 mm. Calculant-se a partir d'aquests l'índex de massa corporal (IMC). També es va mesurar l'envergadura mitjançant l'antropòmetre (Holtain Harpenden Anthropometer) amb una precisió de 1 mm i els plecs cutanis amb el lipòmetre (Holtain T/W Skinfold Caliper, Anglaterra) amb una precisió de 0,2 mm. Amb el propòsit d'estandarditzar i unificar criteris quant a la tècnica de mesurament i consideració de punts anatòmics es van seguir els criteris de la International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), basant-se en la metodologia proposada de Ross i Marfell-Jones (1991).

Les proves per a la determinació de les característiques antropomètriques van ser fetes per personal especialitzat de la unitat de fisiologia del CAR de Sant Cugat del Vallès.

Tractament estadístic

Per al tractament de dades es va utilitzar el programa estadístic SPSS. En primer lloc es va realitzar una anàlisi descriptiva de cadascuna de les variables estudiades (màximes, mínimes, mitjanes i desviació estàndard). Posteriorment, per observar la relació entre les variables d'interès, es va utilitzar l'estadística inferencial, aplicant el coeficient de correlació no paramètric de Spearman. El nivell de significança establert va ser de $p = 0,05$.

Resultats

A la *taula 1* es mostren les característiques antropomètriques (mitjanes i desviació estàndard) dels nou jugadors.

A la *taula 2* s'observen els resultats de les variables de rendiment analitzades (màximes i desviació estàndard): potència en premsa de cames i "peck-deck", velocitat de llançament amb les dues tècniques utilitzades, i alçada i alçada mantinguda de salt.

Variables	Mitjana i DE
Edat (anys)	16,8 ± 0,8
Pes (kg)	73,5 ± 7,2
Alçada (cm)	184,7 ± 7,9
IMC	21,5 ± 1,3
Envergadura	192,4 ± 7,8
Percentatge gras (%)	10,9 ± 2,1
Pes gras (kg)	8,1 ± 2,1
Percentatge muscular (%)	48,6 ± 1,6
Pes muscular (Kg)	35,7 ± 3,5
DE: desviació estàndard.	

Taula 1. Característiques antropomètriques (mitjanes i DE)

Variables	Mitjana i DE
Potència premsa de cames horitzontal (W)	626,36 ± 63,9
Potència "peck-deck" (W)	370,68 ± 63,1
Màx. velocitat de llançament T1 ($m \cdot s^{-1}$)	18,98 ± 0,6
Màx. velocitat de llançament T2 ($m \cdot s^{-1}$)	18,8 ± 0,8
Màx. alçada mantinguda de salt (m)	0,25 ± 0,02
Màx. alçada de salt (m)	0,73 ± 0,05

Taula 2. Variabls de rendiment (mitjanes i DE)

Variables		Potència "peck-deck"	Potència premsa cames	Màx. vel. llanç. T1	Màx. vel. llanç. T2	Màx. alçada mantinguda	Màx. alçada de salt
Pes	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
Alçada	Coef. de cor.	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. de cor.	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. de cor.	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
% greix	Coef. de cor.	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
Pes gras	Coef. de cor.	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. de cor.	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
Pes muscular	Coef. de cor.	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
Sumatori plecs	Coef. de cor.	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

Taula 3. Matriu de correlacions de les variables de rendiment

Després de realitzar l'anàlisi del coeficient de correlació de Spearman entre les variables antropomètriques i les variables de rendiment es van obtenir els resultats següents: es va observar una correlació entre el pes, l'envergadura i el pes muscular amb la potència generada per les extremitats superiors ($r = 0,867$ $p < 0,01$; $r = 0,71$ $p < 0,05$; $r = 0,86$ $p < 0,01$, respectivament). No es van trobar més correlacions entre les altres variables antropomètriques i les variables de rendiment (taula 3).

D'altra banda, també es va analitzar la relació que existia entre les pròpies variables de rendiment. Així, quan es correlaciona la màxima velocitat de llançament de la tècnica 1 i tècnica 2 amb la màxima potència en l'exercici de "peck-deck" s'obté una relació moderada no significativa ($r = 0,50$, $p > 0,05$ i $r = 0,66$ $p > 0,05$, respectivament). De la mateixa manera, la correlació entre la màxima potència en premsa de cames i la màxima alçada pot considerar-se mitjana-baixa ($r = 0,31$ $p > 0,05$). No obstant això, els nostres resultats indiquen que no hi ha relació entre les variables màxima potència en premsa de cames i alçada mantinguda de salt ($r = 0,00$ $p > 0,05$). Finalment, tampoc es correlaciona la màxima potència en la premsa de cames i la màxima velocitat de llançament, amb ambdues tècniques ($r = 0,09$ $p > 0,05$ i $r = -0,17$ $p > 0,05$, respectivament).

Discussió

Els resultats de l'anàlisi estadística realitzada, indiquen que no es van establir correlacions significatives entre les variables de rendiment analitzades. Així, no es va trobar relació entre la potència mecànica de l'extremitat superior en l'exercici de "peck-deck" i la màxima velocitat de llançament amb ambdues tècniques. Encara que la correlació entre la màxima velocitat de llançament de la tècnica 1 i tècnica 2 amb la màxima potència en l'exercici de "peck-deck" no obté significació estadística, considerem que, donada la mida reduïda de la mostra es pot observar una tendència moderada de relació entre les esmentades variables. Igualment succeeix amb les variables màxima potència en premsa de cames i la màxima alçada. Aquests resultats, amb la deguda prudència, podrien considerar-se en la línia dels trobats per altres investigadors com Krueger et al. (2010) els qui van observar correlacions en exercicis d'extremitat superior i tronc, amb la velocitat de llançament en jugadors de waterpolo. En aquest cas, van establir relació entre l'exercici de *pull-over* i rotació de tronc al costat esquerre, amb la màxima velocitat de llançament: *pull-over* mà esquerra ($r = 0,70$, $p < 0,01$) i mà dreta ($r = 0,52$, $p < 0,01$); rotació tronc costat esquerre ($r = 0,67$, $p = 0,01$). Ferregut et al. (2011) van trobar correlacions entre la força isomètrica màxima

d'agafada amb la velocitat de llançament en presència de porter ($r = 0,603$; $p < 0,05$). En el llançament de penal, la pilota ha de mantenir-se ben fixada durant l'execució del moviment a més de fer una flexió de canell en la seva fase final. Per tant, en aquest tipus de moviments, la força en l'avantbraç podria ser molt important i estar relacionada amb el llançament (Ferregut, Vila et al., 2011).

Les diferències pel que fa a la significació trobades en el nostre estudi respecte a la bibliografia científica podrien explicar-se per la mida de la mostra, el mètode d'avaluació i el tipus de tractament estadístic utilitzat. En aquest treball, la mida de la mostra és petita. La metodologia utilitzada, així com el tipus d'exercici i grup muscular avaluats són diferents. Referent al tractament estadístic, per determinar l'existència de correlació entre variables, s'ha utilitzat la tècnica no paramètrica d'Spearman, no emprada en la major part d'estudis, malgrat comptar amb mostres reduïdes. Per tot això, malgrat no trobar significació estadística, s'estableix una relació moderada entre les variables esmentades. D'altra banda, cal destacar que en el nostre treball el control de la potència s'ha fet de manera directa emprant un codificador lineal connectat a un MuscleLab, en canvi, en els restants estudis la potència s'ha estimat de manera indirecta a través de l'alçada d'una bateria de salts. L'ocupació de diferent tecnologia pot ser un argument per explicar la diferència entre els resultats.

En la present investigació no es va observar una correlació significativa entre l'exercici de premsa de cames i la màxima velocitat de llançament en ambdues tècniques. En aquesta línia, Kruguer et al. (2010) van trobar correlació, encara que molt discreta entre abductors i màxima velocitat de llançament ($r = 0,57$, $p = 0,03$). També McCluskey et al. (2010) en un estudi fet en jugadors d'alt nivell va constatar una correlació moderada, entre la potència de les extremitats inferiors generada en el salt vertical fora de l'aigua, amb la velocitat de llançament ($r = 0,61$, $p < 0,01$). Tanmateix, segons aquests autors, aquesta relació no es mantindria en jugadors de menor nivell, pel fet que la seva acció d'impuls amb les cames *eggbeater kick* és menys eficient. Amb la potència generada per si sola no n'hi ha prou si no va acompanyada de bons nivells tècnics. En altres àmbits, fora del medi aquàtic com és el cas del golf, s'ha trobat que la premsa de cames correlacionava amb la velocitat de sortida de la bola (Torres, Solé, & Vallejo, 2010).

Quan es va relacionar l'exercici de premsa de cames amb la màxima alçada i màxima alçada mantin-

guda de salt, no es van obtenir correlacions ($r = 0,32$, $p > 0,05$ i $r = -0,40$, $p > 0,05$, respectivament). Saez Saez (2006) tampoc es van observar correlacions entre el test de 1RM en la premsa de cames i el test de salt vertical (SJ), amb el test de "Sargent" adaptat a l'aigua. Platanau (2005) i Platanau i Varamenti (2011) obtenen baixos nivells de correlació entre el salt en sec i el salt vertical a l'aigua ($r = 0,25$ i $r = 0,23$ $p > 0,195$ respectivament). Com es pot observar en els diferents estudis, encara que el salt vertical a l'aigua és explosiu, no sembla tenir correlació amb l'exercici de potència en sec. L'escassa relació trobada podria ser explicada per altres aspectes considerats més determinants, com la complexitat tècnica del moviment, les característiques del medi i les variables cinemàtiques, i no sols la musculatura implicada o la manifestació de força (Jacobs et al., 1996; Platanau, 2005; Sanders, 1999).

Aquest treball aporta informació nova sobre capacitat de mantenir, el més alt possible, el cos fora de l'aigua durant un determinat temps (alçada mantinguda). No hem trobat cap referència bibliogràfica que faci referència a aquesta capacitat que associem amb les accions de caràcter defensiu. Per aquesta raó, no podem establir comparacions dels resultats obtinguts amb altres investigacions. Ressaltem que no s'observa una correlació significativa entre la màxima alçada de salt i aquesta variable. Encara que es requereixen més estudis en aquesta línia, els nostres resultats ens suggereixen que fan falta metodologies diferents per al seu entrenament i control.

Finalment, de les diferents variables antropomètriques valorades com el pes corporal, envergadura i el pes muscular van correlacionar amb la potència mecànica realitzada a la màquina de "peck-deck". D'altra banda, no es van establir correlacions entre les variables antropomètriques i la potència mecànica en la premsa de cames, la velocitat de llançament amb ambdues tècniques i l'alçada i alçada mantinguda de salt. En aquesta línia, Vila et al. (2009) van obtenir correlacions entre la velocitat de llançament sense porter amb el diàmetre del fèmur i la longitud acròmion radial. Sembla que un major diàmetre del fèmur podria estar associat a majors nivells de força, la qual cosa ajudaria a estabilitzar millor les extremitats inferiors en el moment d'efectuar el llançament (Davis & Blanksbhy, 1977; Elliot & Armour, 1988; Vila et al., 2009). En canvi, en situació de llançament amb porter, es van determinar correlacions amb BMI, amb els plec axil·lar, de la cresta ilíaca, supraespinal i abdominal, amb el diàmetre del braç relaxat i contret flexionat, així

com amb el diàmetre del fèmur i biacromial Vila et al. (2009). En el seu estudi, McCluskey et al. (2009), van observar que els jugadors que llançaven a velocitats superiors a $15,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ eren més alts, més pesats, tenien major massa muscular i presentaven majors diàmetres en el braç i en el bessons, que els jugadors que llançaven per sota d'aquestes velocitats. Platanou (2011), va constatar, igual que en la present investigació, que la velocitat de llançament correlacionava amb l'envergadura. Finalment, Ferregut, Vila et al. (2011) van observar que tant l'amplària biacromial com l'amplària biepicondiliar del fèmur correlacionaven amb la velocitat de llançament amb porter. Alguns estudis constaten que la longitud d'espatlles guarda relació amb les palanques del moviment. Per tant, aquest moviment (rotació de tronc i espatlles) beneficiaria la velocitat de sortida de la pilota (Elliot & Armour, 1988; Wende, 2005).

Conclusions

Aquest estudi no mostra correlacions entre les variables de rendiment analitzades. No es van observar correlacions entre la potència muscular desenvolupada en el "peck-deck" i la màxima velocitat de llançament. Tampoc s'han establert relacions entre l'exercici de potència muscular executat en la premsa de cames amb la velocitat de llançament (ambdues tècniques); i amb l'alçada i alçada mantinguda de salt.

S'han observat correlacions entre variables antropomètriques i variables de rendiment. Concretament, s'ha demostrat que el pes, envergadura i el pes muscular influeixen en la potència mecànica realitzada a la màquina de "peck-deck".

S'ha comprovat que els jugadors que apliquen més potència en l'exercici de premsa de cames o en l'exercici de "peck-deck", no són els que llancen a més velocitat, salten més o aconsegueixen mantenir el cos fora de l'aigua més temps.

Segons els resultats obtinguts en aquest estudi, el treball d'extremitat inferior i superior fet només en sec no és suficient per a la millora del salt vertical a l'aigua o la velocitat de llançament. Considerem que el treball de força s'hauria de complementar amb treballs més específics a l'aigua, ja sigui mitjançant petits llasts o amb la utilització de complements.

Després d'aquesta experiència remarquem que l'avaluació de la força en el waterpolo ha de fer-se principalment en el seu medi específic.

Com a novetat, hem de destacar la introducció d'un protocol de valoració de l'alçada mantinguda, amb els resultats corresponents. Considerem, que és un bon complement a altres test utilitzats en la bibliografia, per presentar un major nivell d'especificitat en situació de joc.

Agraïments

Els autors agraïm la col·laboració de la Federació Catalana i la Federació Espanyola de Waterpolo, així com la dels jugadors que han participat voluntàriament en aquesta investigació. Agraïm també la col·laboració del departament d'investigació d'INEFC-Barcelona i el Departament de Fisiologia del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- Arturo Abalde, 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 & Conditioning Coach*, 3(2): 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 muscular: 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 overhead 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., Ibañez 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., Ibañez J., Bonnbau, 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., Ibañez, 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
- 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. . Applied Physiology of Water Polo. *Sports Med.* 26 (5): 317-334. doi:10.2165/00007256-199826050-00003
- Torres, L., Solé, J., & Vallejo, L. (2010). Relació entre la potència muscular d'extremitats inferiors i tronc amb la velocitat de sortida de la bola al swing de drive al golf. *Apunts. Educació Física i Esports* (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).

Vila, M.1, Solé, J.1, Padullés, J.M. 1
 INEFC-UB (Barcelona, Spain)

Introduction:

At present, monitoring of specific strength in high performance sports has acquired a relevant role in the control of the global training process. In water polo few studies have focused their object of study on the assessment of the specific force. The publications focus mainly on throwing velocity and jump height (Vila, Ferragut and Argudo, 2009, Bloomfield, Blanksby, Ackland and Allison, 1990; McMaster, Long and Caiozz, 1990; Platanou, 2006 and Sanders 1999). Other actions, also very decisive, as the fighting force, the force of swimming (Arellano 1992, Platonov, 1988; Keskinen, Tilli and Komi, 1989) and maintained height have been less investigated. Apart from that, most tests tend to be very general, designed to assess muscle imbalances, injury prevention or monitoring of training (Triplett, Fleck and Smith, 1991).

Objectives:

The aim of the study was to evaluate the different manifestations of strength in water polo women players of several ages: throwing speed, swimming strength, defense strength, the maximum vertical jump height and the maintained jump height

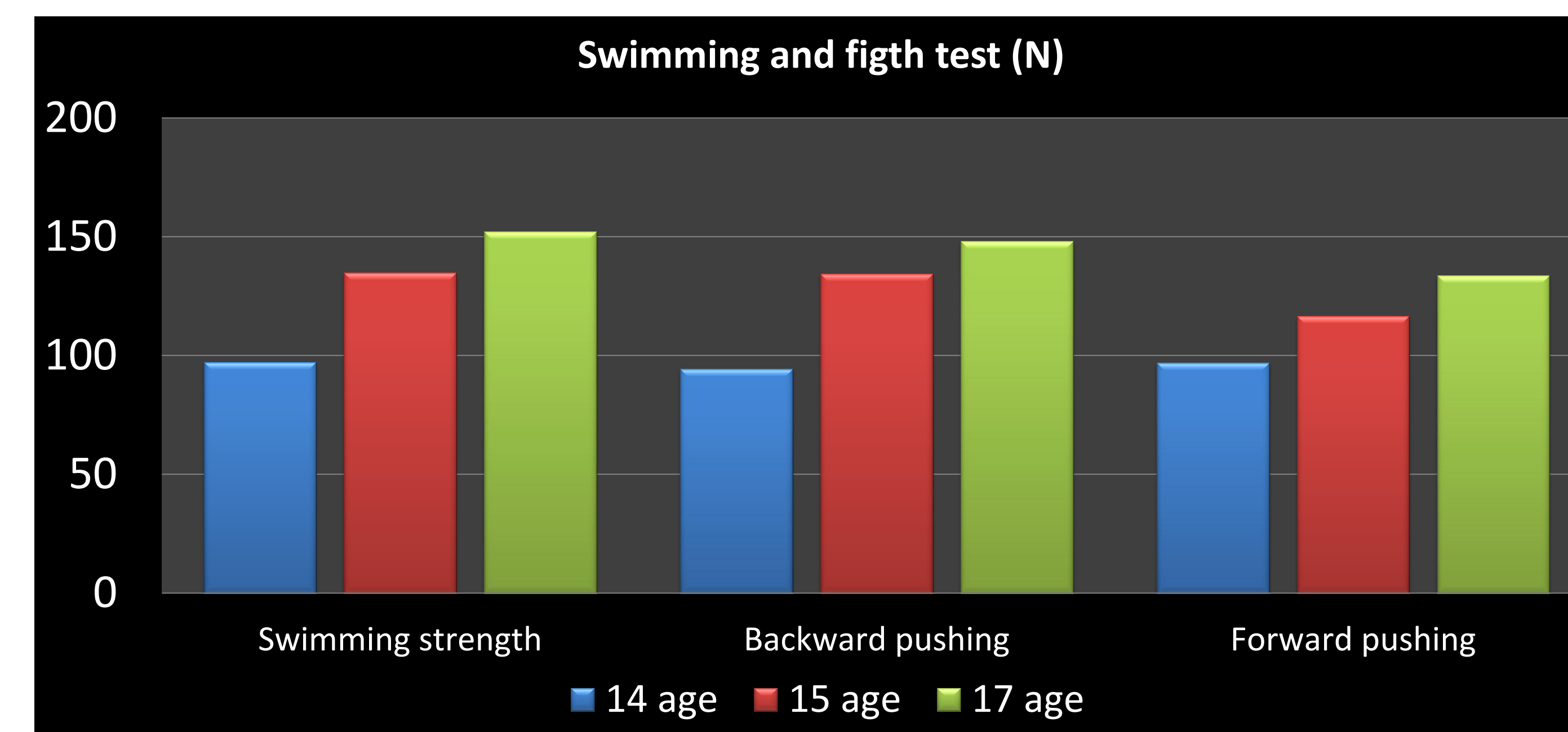
Materials & Method:

Twenty-five women players of different categories and belonging to the Spanish Selection of Water polo took part in the study. The tests used were: the fight strength by means of backward pushing (center offensive), forward pushing (center defensive) and swimming strength. A rubber band connected to the strain gauge of the Muscledlab 4000e (ErgotestTM, Norway) was used for that purpose. The velocity of throwing was measured by means of the Radar Stalker Pro (Applied Concepts Inc., Flat Texas, TX, USA) in two different situations, that is,

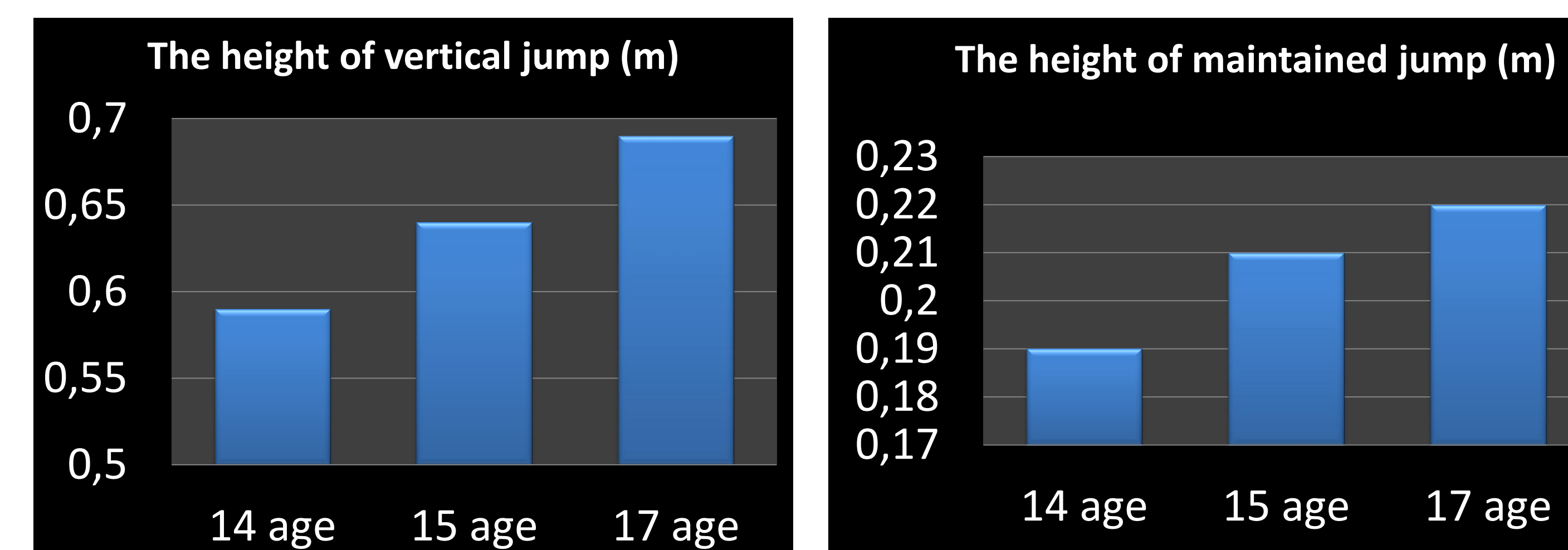
a throw without the goalkeeper and a throw demanding accuracy. In both situations two different throwing techniques were used, directly throw (T1) and double feinting throw (T2). The height of vertical jump and that of the maintained jump were also measured with a camcorder (Casio ComputerCo., Ltd EXILIM High speed EXFC 100, Tokyo).

Results & Discussion:

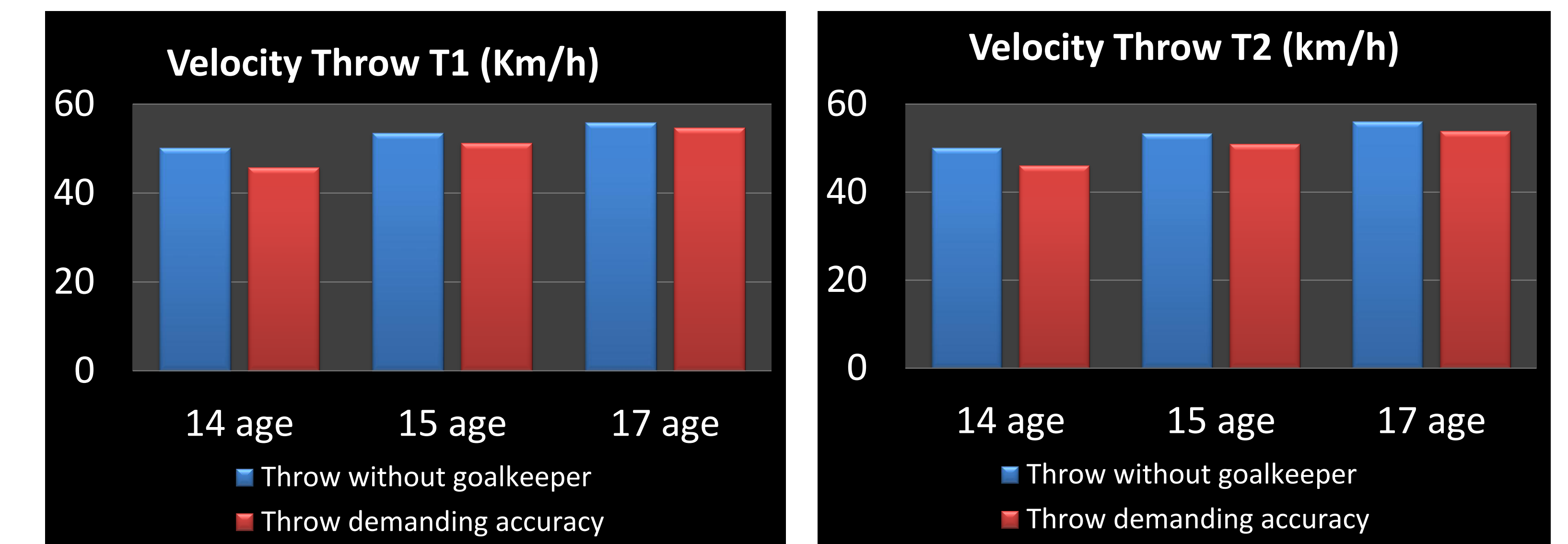
The results obtained in the different tests of investigation are summed up next:



Graphic 1. Results obtained in the test of swimming and fight strength (backward pushing and forward pushing).



Graphic 2. Results obtained in the test of the height vertical and maintained jump.



Graphic 3. The results obtained in the test of the throw velocity with both techniques, technic 1 (T1) and technic 2 (T2).

Conclusions

- The fight and swimming strength were increased significantly with age.
- Significant differences in jump height and maintained height between the different ages were determined.
- Significant differences between the throw without a goalkeeper and throw with accuracy were also determined.

References:

- 1) Arellano, R (1992). Evaluación de la fuerza propulsiva en natación y su relación con el entrenamiento y la técnica (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, Instituto Nacional de Educación Física. Granada.
- 2) Bloomfield J, Blanksby BA, Ackland T, et al (1990). The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. Aust J Sci Med Sport;22:63-7.
- 3) H. Vila, C. Ferragut, F. M. Argudo, J. A. Abalades, N. Rodríguez, F. Alacid (2009). Relationship between anthropometric parameters and throwing velocity in water polo players. J. Hum. Sports and Exercise. Vol 4, 1;57-68.
- 4) Keskinen, K; Tilli, L.; Komi, P.V (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationship of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. Scand. J. Sport Sci. 11, 2:87-92
- 5) McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ (1991). Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. Am J Sports Med; 19: 72-5.
- 6) Platanou, T. and Geladas, N.(2006). The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. Journal of Sports Science; 24(11):1173-118.
- 7) Platonov, V.N. (1988). L'Entrainement Sportif. Revue EPS, Paris.
- 8) Sanders, R. (1999). A model of kinematic variables determining height achieved in water polo boosts. Journal of Applied Biomechanics, 15, 270-283.
- 9) Platonov, V.N. (1988). L'Entrainement Sportif. Revue EPS, Paris.
- 10) Triplett T, Fleck S.J, Smith SL, et al (1991). Isokinetic torque and throwing velocity in water polo. Med Sci Sports Exerc; 23: S11.