

## TRABAJO FIN DE GRADO

### “FACTORES INFLUYENTES EN LA VELOCIDAD DE UN LANZAMIENTO EN APOYO EN BALONMANO”



<b>AUTOR</b>	NIETO	AZNAREZ	SERGIO
<b>DIRECTOR</b>	SAGASTUME	FERNANDEZ	RAFAEL

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

2017/2018

## INDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	6
MATERIALES Y METODOS .....	7
Participantes .....	7
Diseño de la investigación.....	7
Procedimientos.....	7
Mediciones .....	8
Análisis estadístico.....	16
RESULTADOS .....	18
Recogida de datos .....	18
Análisis de datos .....	18
Presentación de los datos .....	18
TABLAS Y FIGURAS .....	19
DISCUSIÓN.....	24
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	27
ANEXOS.....	30

## RESUMEN

Uno de los factores más influyentes en el lanzamiento a portería en balonmano es la velocidad. Las evidencias encontradas hasta la fecha nos muestran diferentes variables que pueden influir en la velocidad del lanzamiento por lo que el presente trabajo pretende analizar la influencia de las principales variables que pueden influir en la velocidad de lanzamiento. Para ello, diez jugadores balonmano amateur fueron evaluados en test de Abducción (ABD), Rotación Externa (RE), Fuerza Isométrica (FI), Fuerza Dinámica (FD) y Velocidad. El análisis de estos test mostró relación entre la RE y la V ( $r=0,646$ ;  $p>0,05$ ), la FI y la V ( $r=0,689$ ;  $p>0,05$ ) y la FD y la V ( $r=0,686$ ;  $p>0,05$ ). Sin embargo, no se encontraron relaciones significativas entre ABD y V. Por lo tanto, existe influencia de la rotación externa, la fuerza isométrica y la fuerza dinámica sobre la velocidad.

**Palabras clave:** Lanzamiento, velocidad, movilidad, fuerza isométrica, fuerza dinámica, balonmano.

## INTRODUCCIÓN

El balonmano es un deporte de pelota que enfrenta a dos equipos compuestos por 7 jugadores, cuyo objetivo es tratar de meter el balón en la portería contraria y evitar que entren en la portería propia valiéndose principalmente de las manos. Tratándose de un deporte en el que el móvil es lanzado con la mano, podemos afirmar que la potencia muscular junto con la velocidad y la precisión de lanzamiento específico son unos de los factores más importantes para el rendimiento del jugador de balonmano.

Dada la importancia que tiene el lanzamiento en el rendimiento en balonmano, y en otros deportes, mucho se ha tratado de investigar la velocidad de lanzamiento (Rivilla Garcia, Navarro Valdivielso, Grande Rodriguez, & Sampedro Molinuevo, 2012) (Aragón Vela, y otros, 2010) (Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdo, 2004) (Caballero, Luis, & Sabido, 2012) (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012) (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012) para determinar las variables más influyentes en el lanzamiento. Centrándose en la efectividad reflejada en la competición, se sugiere que la combinación de velocidad de balón y precisión de lanzamiento es uno de los factores que más efecto tiene a la hora de marcar un gol (Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdo, 2004) (Rivilla García, Sampedro Molinuevo, Navarro Valdivielso, & Gómez Ortiz, 2010) (Párraga Montilla, Sanchez Vinuesa, & Oña Sicilia, 2001). Hay estudios que encuentran correlaciones entre las posiciones de los jugadores y la oposición durante el lanzamiento (Rivilla Garcia, Navarro Valdivielso, Grande Rodriguez, & Sampedro Molinuevo, 2012). Centrándose en aspectos más relacionados con las características físicas, otros estudios se centran en los factores referidos a la propia eficiencia del lanzamiento afirmando que los tres los factores básicos que influyen en la eficiencia son la técnica de lanzamiento, el “timing” de las acciones consecutivas de los diferentes segmentos corporales y la fuerza y potencia muscular de las extremidades superiores e inferiores (Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdo, 2004) mientras que otros relacionan la eficiencia con la posición adoptada por los segmentos en el espacio, la participación de la musculatura implicada y la secuencia temporal realizada por los segmentos (Gutiérrez-Davila, Rojas, Ortega-Becerra, Párraga, & Campos, 2012).

Por otro lado, se ha investigado la influencia que pueden tener los diferentes grupos musculares que participan en un determinado movimiento presente en un lanzamiento, como son la rotación externa y la rotación interna del hombro. Se ha analizado la fuerza de rotadores internos y externos del hombro mediante una prueba de fuerza isocinética, en la que no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre la fuerza isocinética de rotadores externos e internos del hombro y la velocidad de lanzamiento (Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, & Boudolos, 2001) pero sin embargo, otros estudios demuestran que hay correlaciones positivas entre las características isocinéticas de los músculos rotadores del hombro y la velocidad de lanzamiento (Pontaga & Zidens, 2014) y concretamente en los músculos rotadores internos añadiendo también la fuerza isométrica (Clements, Ginn, & Henley, 2000).

Otros estudios tratan de analizar la influencia de la velocidad angular de diferentes segmentos corporales durante la fase de armado de brazo en la velocidad de lanzamiento (Wagner, Buchecker, von Duvillard, & Müller, 2010) (van den Tillaar & Ettema, 2007) (Eliasz & Wit, 1996). Por un lado, hay estudios que defienden la importancia que tiene la velocidad angular máxima de brazo (articulación del hombro) sobre la velocidad de lanzamiento del balón (Eliasz & Wit, 1996) (van den Tillaar & Ettema, 2007) y otros que no consideran suficientemente significativa la influencia de la velocidad angular de rotación interna del hombro en la velocidad de lanzamiento del balón (Wagner, Buchecker, von Duvillard, & Müller, 2010).

Relacionado con la movilidad, encontramos varios estudios que establecen una modificación en el rango de movimiento del hombro (ROM) en disciplinas con lanzamiento por encima de la cabeza (Wilk, y otros, 2011) (Crockett, y otros, 2002) (Braun, Kokmeyer, & Millet, 2009) (Downar & Sauers, 2005) (Wang, Macfarlane, & Cochrane, 2000). Esta modificación del ROM del hombro, que a su vez desarrolla un déficit de rotación interna glenohumeral (GIRD) se correlaciona con las lesiones de hombro en lanzadores (Wilk, y otros, 2011) (Kibler, Sciascia, & Thomas, 2012).

Siguiendo con el estudio del ROM, hay investigaciones que analizan la influencia de los estiramientos incluidos en el calentamiento sobre la velocidad de lanzamiento (Williams, Harveson, Melton, Delobel, & Puentedura, 2013) (Haag, Wright, Gillette, & Greany, 2010) concluyendo que no hay diferencias significativas. Sin embargo, no

## FACTORES INFLUYENTES EN LA VELOCIDAD DE UN LANZAMIENTO EN APOYO EN BALONMANO

se han encontrado artículos que relacionen directamente la movilidad o ROM del hombro con la velocidad de lanzamiento.

## OBJETIVOS E HIPOTESIS

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo es determinar la importancia de diferentes variables que pueden influir en la velocidad en un lanzamiento en balonmano. Para ello, basado en los antecedentes de evidencia científica, se analizará el rango de movimiento pasivo (ROM) del hombro tomando tres mediciones de referencia: abducción (ABD), rotación interna (RI) y rotación externa (RE). También se analizarán la fuerza isométrica (FI) de la rotación interna del hombro y la fuerza dinámica (FD) obtenida a través del pico máximo de aceleración alcanzada durante el armado de brazo para determinar su relevancia en la velocidad de lanzamiento.

Hipótesis: La literatura científica analizada hasta ahora, evidencia la relación entre las variables mencionadas y el lanzamiento, por lo tanto, las hipótesis son las siguientes:

- La variabilidad sufrida como adaptación en el rango de movimiento del hombro del brazo lanzador en favor de un aumento de la rotación externa (RE) y en una disminución de la rotación interna (RI) se refleja en la velocidad de lanzamiento. Por lo tanto, los participantes con mayor RE lanzaran a más velocidad.
- La FI de RI del hombro correlaciona positivamente con la velocidad de lanzamiento.
- La FD en el armado de brazo influye en la velocidad de lanzamiento siendo esta mayor cuanto mayor es la aceleración del armado.

## **MATERIALES Y METODOS**

### *Participantes*

Diez jugadores de balonmano (edad=  $18,2 \pm 2,44$ ) de categorías senior y juvenil participaron en este estudio. Todos los jugadores tenían al menos 5 años de experiencia en balonmano. Dos de los jugadores analizados eran porteros y el resto jugadores de campo de diferentes posiciones siendo todos ellos diestros. Antes de comenzar el estudio, a todos los jugadores se les informo de los riesgos y beneficios de su participación, firmaron el consentimiento informado y eran conscientes de que su participación era totalmente voluntaria, pudiendo retirarse de la investigación en cualquier momento.

### *Diseño de la investigación*

Este trabajo trataba de analizar la influencia de diferentes factores sobre una determinada variable. Esos factores, fueron analizados mediante test a los participantes para comprobar su influencia sobre la variable a analizar. Por lo tanto, se trata de una investigación cuantitativa no experimental, correlacional y transversal.

### *Procedimientos*

Los diferentes test se realizaron en dos días diferentes coincidiendo con el final de temporada. Las sesiones se realizaron en la cancha de balonmano donde habitualmente entrenan en horario de 20:00 a 21:30. El primer día se realizaron los test de movilidad de hombro y fuerza isométrica máxima. El segundo día se realizó la grabación de los lanzamientos para obtener mediante el análisis de video los valores de aceleración durante el armado y la velocidad de lanzamiento. Antes de que cada test, los participantes fueron instruidos para la correcta realización de la prueba y realizaron un calentamiento que consistía en 2 minutos de carrera continua, ejercicios de movilidad de hombro, codos y muñecas y pases a corta y larga distancia, ocupando un total de 5 minutos. Todos los participantes realizaron tres intentos a modo de familiarización antes de la prueba y esta última se realizó en las mismas condiciones, utilizando el mismo balón (SELECT Official ball IHF, 58 cm/ 425gr) y con la libertad de poder utilizar la cantidad de resina (Trimona Handballwax) que cada uno considerara necesaria.

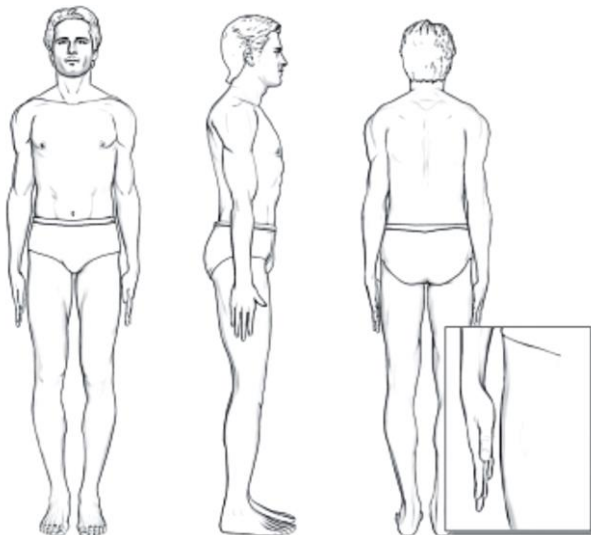


### *Mediciones*

Test de movilidad de hombro: Se midió en cada participante los grados obtenidos en un rango de movimiento activo (el participante logra su máximo rango mediante contracciones voluntarias sin ayuda externa) de abducción, rotación externa y rotación interna. Todas estas mediciones fueron realizadas en decúbito supino sobre una camilla, partiendo de una posición neutra (Imagen 1) y mediante el uso de un goniómetro (Grip Saehan™) siguiendo las indicaciones especificadas en el libro “Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales” (Taboadela, 2007).

#### Imagen 1

*Ejemplo de posición neutra utilizada para mediciones con goniómetro*



Fuente: “Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales” (Taboadela, 2007)

#### · Abducción:

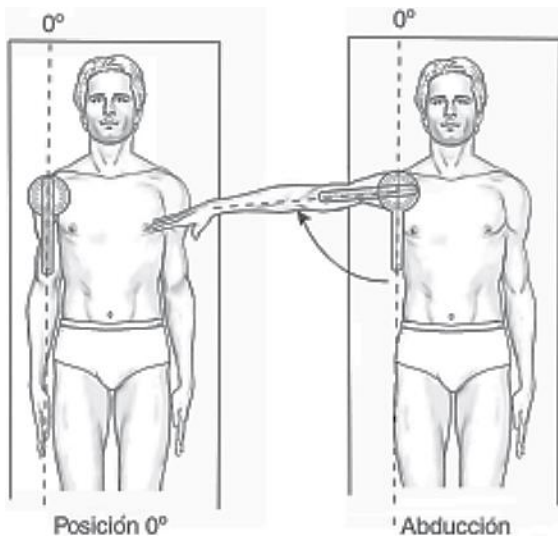
Posición inicial: Se colocó al participante en decúbito supino sobre la camilla, con los brazos en posición neutra y con la escapula estabilizada sobre la camilla.

Posicionamiento del goniómetro (posición 0°): Se posiciono el eje del goniómetro sobre el acromion (proyección del punto central de la cabeza humeral) del brazo dominante. El brazo fijo del goniómetro se alinea con la línea media axilar manteniéndolo paralelo al esternón. El brazo móvil se mantuvo alineado con la línea medial del humero y superpuesto al eje fijo.

Movimiento: Se pidió al participante que realizara una abducción máxima mientras se controlaba que no realizase ninguna compensación con el tronco o el cuello para tratar de aumentar ese rango de movimiento. Se acompañó, con el brazo móvil del goniómetro el movimiento del brazo del participante y se registró el ángulo formado entre la posición 0 y la posición final.

## Imagen 2

*Ejemplo de posicionamiento inicial y continuación del movimiento con el goniómetro para la medición de la abducción.*



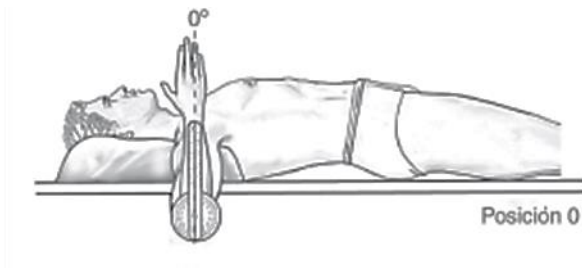
Fuente: “Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales” (Taboadela, 2007)

### · Rotación Interna / Externa:

Posición inicial: Partiendo de una posición en decúbito supino sobre la camilla, se pidió al participante que colocara su brazo dominante en 90° de abducción y 90° de flexión de codo de manera que la región del brazo quedase paralela al suelo y la región del antebrazo perpendicular respecto al suelo. Se estabilizó el brazo sobre la camilla y el antebrazo y la muñeca se colocaron en la posición neutra.

Imagen 3

*Ejemplo de posicionamiento inicial para la medición de la RE y RI*



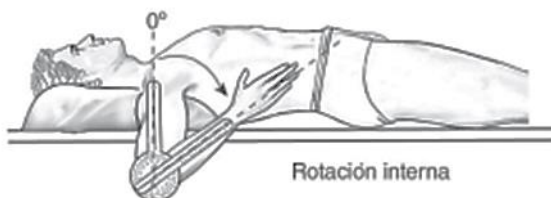
Fuente: “Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales” (Taboadela, 2007)

Posicionamiento del goniómetro (posición 0°): Tanto para la rotación externa como para la interna, se colocó el eje del goniómetro teniendo como referencia el olecranon. El brazo fijo se posicionó sobre la línea medial del antebrazo alineando con la vertical perpendicular al suelo. El brazo móvil se alineó con la línea media longitudinal del cubito tomando como referencia ósea la apófisis estiloides del cúbito y superpuesto sobre el brazo fijo.

Movimiento: Se pidió al participante que realizara una rotación interna y después una rotación externa mientras el brazo móvil seguía el movimiento del brazo en ambos gestos. Se registró el ángulo formado entre la posición 0 y la posición final de rotación externa e interna.

Imagen 4

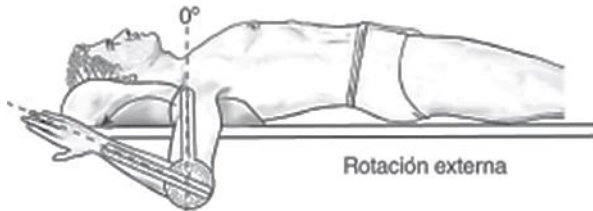
*Ejemplo de medición de la RI*



Fuente: “Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales” (Taboadela, 2007)

Imagen 5

*Ejemplo de medición de la RE*



Fuente: “Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales” (Taboadela, 2007)

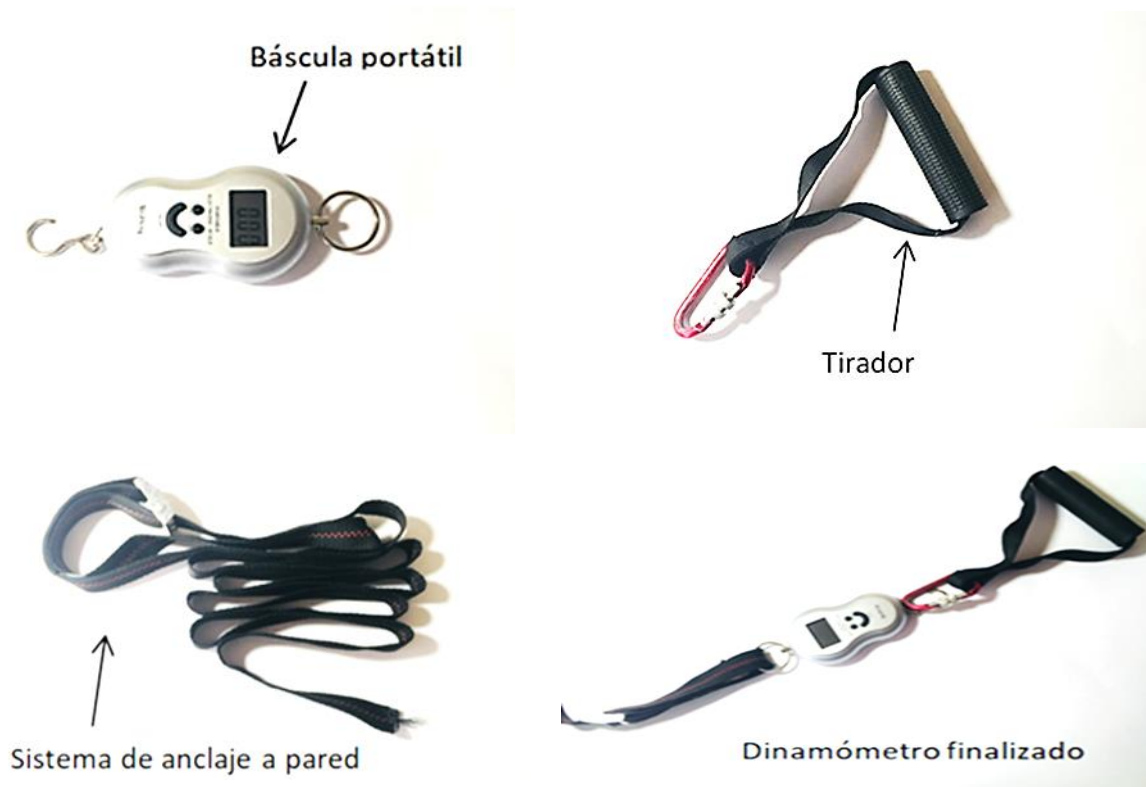
Test de fuerza isométrica máxima con dinamómetro

El instrumento de medición que se empleó para la medición de la fuerza isométrica máxima se basó en la lógica de un dinamómetro (Imagen 6). Para ello, se utilizó una báscula digital portátil (WeiHeng Portable Electronic Scale) la cual contaba con dos extremos. Uno de los extremos se utilizó para fijar el dinamómetro a la pared y el otro, se adaptó añadiéndole un tirador para que el participante pudiera agarrarlo y tirar lo más cómodamente posible.

Tratándose de un instrumento no específico y elaborado de forma manual contamos con que la validez de la medición pudiera no ser la correcta con relación a instrumentos específicos profesionales o al “gold standard” pero teniendo en cuenta que todas las mediciones se realizaron con el mismo instrumento, bajo el mismo protocolo y las comparativas fueron en base a los valores obtenidos con este instrumento, lo que debía preocuparnos era la fiabilidad. Para ello, se realizaron unas mediciones a modo de prueba en las que se utilizaron unos pesos específicos y conocidos para ver si en las mediciones con el mismo peso había variaciones en los valores que aparecían en la pantalla de la báscula. La pantalla mostraba los mismos valores en las diferentes mediciones con un mismo peso por lo que se podía asumir que el instrumento era fiable.

Imagen 6

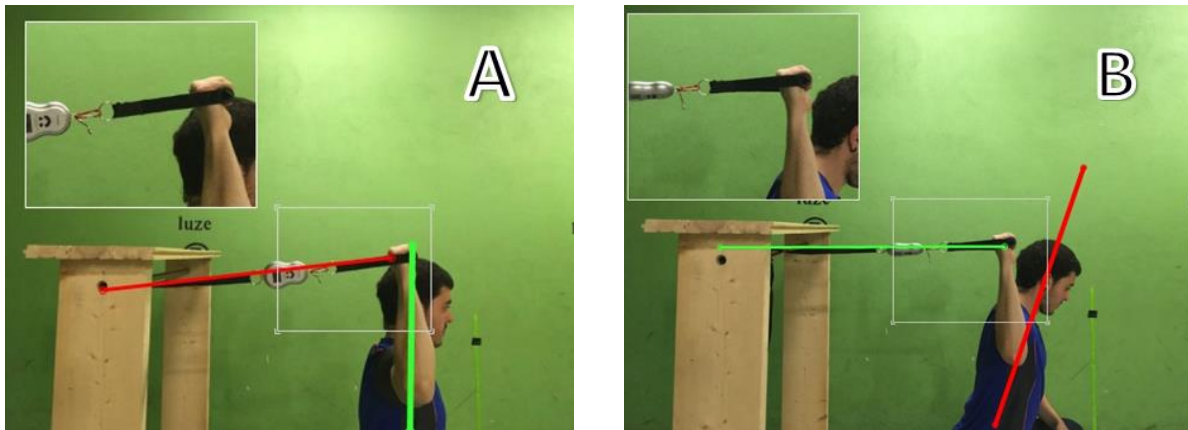
*Elementos utilizados en la elaboración del dinamómetro para medir la FI*



Se posiciono al participante de espaldas a la zona donde se anclaba el dinamómetro. Colocando la pierna contralateral al brazo dominante adelantada con los dos pies mirando hacia el frente, se pidió al participante que sujetara el asa del dinamómetro de tal manera que la cuerda quedase tensa y que se pudiera ajustar a la altura de cada participante teniendo en cuenta que la cuerda debería quedar paralela al suelo cuando el brazo se encontrase en abducción y flexión de codo de 90° (Imagen 7). Se pidió al participante que tirara del dinamómetro tratando de realizar la mayor fuerza isométrica posible en dirección frontal sin modificar la posición del brazo ni realizar ninguna rotación de tronco o caderas. Para garantizar una medición correcta, se colocó la pantalla del dinamómetro mirando hacia los observadores de forma que se pudiera ver el pico de fuerza máximo alcanzado. Se realizaron tres intentos, excluyendo aquellos en los que no se cumplieron los requisitos.

Imagen 7

*Ejemplos de alineaciones correctas e incorrectas en el test de FI*



En el ejemplo A se aprecia una correcta alineación del participante y una incorrecta alineación del dinamómetro, mientras que en la imagen B el participante está mal alineado y la alineación del dinamómetro es correcta.

Test de aceleración en la fase de armado o FD y Test de V

Para la realización de estos test se utilizaron dos grabaciones que se obtenían de cada uno de los lanzamientos que posteriormente se analizaron para obtener los datos correspondientes de cada test.

Para la realización de estos test se establecieron varias medidas de referencia. (Imagen 8). Se grabó la acción de lanzamiento de cada sujeto centrandó una grabación en el participante y la otra en un plano más amplio. De la grabación realizada al participante se obtuvieron los valores de aceleración del brazo durante el armado previo al lanzamiento para lo que se utilizó el software Kinovea (Kinovea-0.8.26, 2017) y de la grabación de un plano más amplio, mediante la aplicación Pitchman (Pitch Speed Analyzer, 2015) se obtuvo la velocidad de lanzamiento de cada sujeto. Desde el punto de lanzamiento, se realizó una medición para establecer una medida conocida y así poder realizar el análisis de la velocidad utilizando el espacio y el tiempo (Imagen 9). También se establecieron otras dos medidas conocidas tanto en horizontal como en vertical (Imagen 10) para que el programa de análisis de video tuviera la referencia del espacio a la hora de realizar el análisis de la aceleración. Las cámaras para la grabación se posicionarán a una distancia previamente establecida y se obtuvieron imágenes grabadas con cámara a 240 fps

FACTORES INFLUYENTES EN LA VELOCIDAD DE UN LANZAMIENTO EN APOYO EN BALONMANO

(iPhone SE, iOS 11.3.1) y 120 fps (Fyrefly 6S, V2.6), siendo la de 240fps para el análisis de la aceleración y la de 120fps para la velocidad de lanzamiento.

Imagen 8

*Esquema del posicionamiento de cámaras y marcas de referencia para la grabación de los test de FD y V*

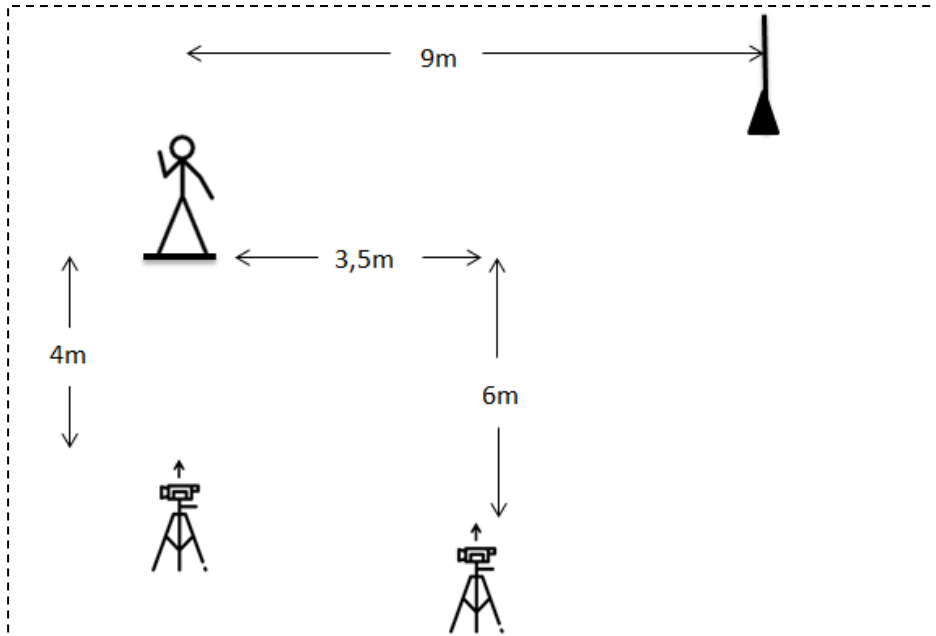


Imagen 9

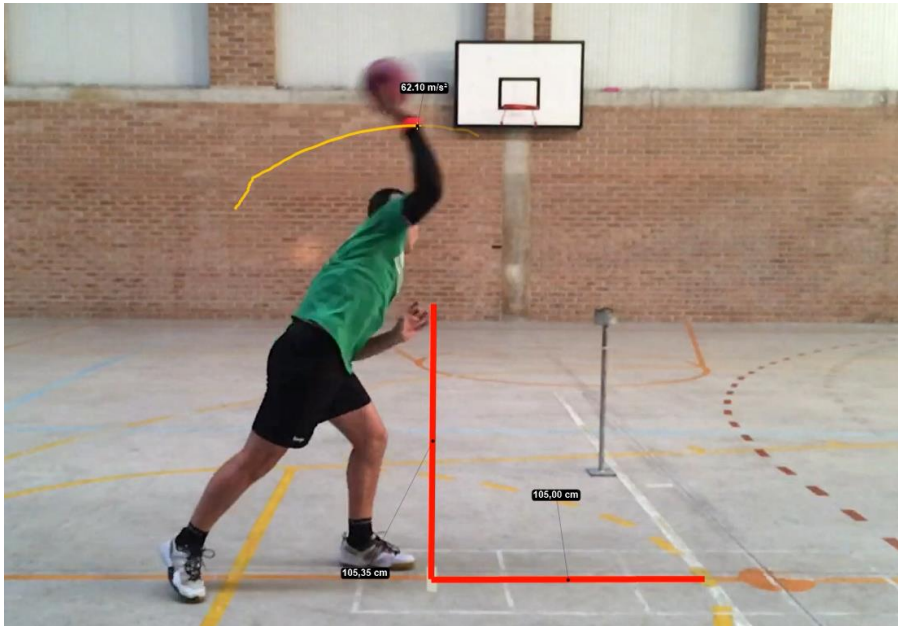
*Medida de referencia establecida para el análisis de video del test de V*





## Imagen 10

*Medidas de referencia establecidas para el análisis de video del test de FD*



Para el caso del test de aceleración o FD, se utilizó como variable a medir el pico máximo de aceleración alcanzado por la muñeca del brazo que realiza el armado previo al lanzamiento. De esta medición se obtiene un valor máximo de aceleración ( $m/s^2$ ) al cual, multiplicándole la masa (kg), se obtuvo el valor de FD en Newtons (N). Para captar esto, se colocó un marcador sobre la muñeca del participante (Imagen 11) para después poder analizarlo mediante el análisis de video. Para facilitar el trabajo posterior lo máximo posible, se le colocó al participante una prenda negra (Imagen 11) para que contrastase lo máximo posible con el marcador activo (emitía luz). El marcador se posicionó sobre todo el contorno de la muñeca del participante, tomando como referencia la cabeza del cúbito y la apófisis estiloides del radio. Abarcando todo el contorno de la muñeca con el marcador, se aseguró que en las secciones del video en las que el brazo realizase una rotación no se perdía el marcador.

Para calcular la velocidad de lanzamiento no se utilizó ningún marcador sobre el participante, sino que, en el espacio de grabación se colocaron marcas de referencia para tener una distancia conocida y así poder calcular la velocidad posteriormente utilizando la distancia y el tiempo.



Imagen 11

*Marcador luminoso y prenda negra utilizada para el posterior análisis de video del test de FD*



Tras realizar todas las preparaciones y colocar las referencias para el análisis de video, los participantes debían colocarse sobre la línea establecida con el balón sujetado con la mano dominante. Adquiriendo la posición estándar para un lanzamiento en apoyo (ej.: un penalti), con la pierna contralateral al brazo ejecutor adelantada y con la punta del pie mirando hacia el frente, se pidió al participante que realizase un lanzamiento lo más fuerte posible con un armado clásico tras escuchar una señal. Cada sujeto realizó tres lanzamientos consecutivos, con 10-15 segundos de descanso entre lanzamientos, de los cuales se obtuvieron los datos.

*Análisis estadístico*

Los resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas se presentan como la media y la correspondiente desviación típica (DT) de cada uno de los participantes. Estos valores se analizaron mediante el uso del programa Statistical Package for Social Sciences (IBM SPSS Statistics 20, 2009) para determinar la relación existente entre las variables obtenidas. Se utilizó el índice de correlación de Pearson ( $r$ ) al tratarse de variables cuantitativas continuas, ya que cuantifica el grado de relación lineal entre variables ya sea positiva o negativa. Los valores obtenidos oscilan entre -1 y 1, siendo los valores más cercanos a 1 o -1 los que indican una relación más estrecha. Para poder utilizar este estadístico, previamente se comprobó la

distribución normal de las variables ( $p > 0,05$ ) utilizando la prueba de Shapiro-Wilk al tratarse de una muestra menor de cincuenta participantes ( $N < 50$ ). Para todas las variables, el nivel de significación establecido fue de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

### *Recogida de datos*

Los datos utilizados para este trabajo se obtuvieron a través de los diferentes test realizados a los participantes. Por un lado, se recogieron los datos de ABD, RE, FI y FD mediante una ficha de registro para cada participante, en la que se apuntaron los datos de cada una de las pruebas mencionadas en el momento de ser realizadas. Por otro lado, los datos de RE y FI se obtuvieron mediante el análisis de video realizado después de la realización de las pruebas.

### *Análisis de datos*

Los datos obtenidos se informatizaron para su posterior análisis. El análisis estadístico se basó en comprobar la relación de las variables independientes (ABD, RE, FI, FD) respecto a la variable dependiente (V). Se obtuvieron las medias y su correspondiente desviación típica de los tres datos obtenidos de cada uno de los test en cada participante para posteriormente analizar la correlación entre las variables.

### *Presentación de los datos*

En las tablas I, II, III, IV y V se muestran los valores obtenidos en cada uno de los tres intentos realizados para cada test relacionado con las variables independientes. También se muestran las medias y la DT de cada uno de los participantes.

En la tabla VI, al igual que en las anteriores se muestran los valores de cada intento con la media y DT de cada participante obtenidos de la prueba de Velocidad de lanzamiento.

En la tabla VII se muestran las variables independientes y su correlación respecto a la variable dependiente. No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre el test ABD y el test V. Sin embargo, si se encontraron correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ) en el resto de test y el test V. Se observó una correlación considerablemente alta en los test RE, test FI y test FD con el test V ( $r = 0,646$  /  $r = 0,689$  /  $r = 0,686$ ).

Finalmente, no se observaron correlaciones estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) al comparar las variables independientes entre sí (ABD – RE, ABD – FI, ABD – FD, RE – FI, RE – FD, FI – FD).

**TABLAS Y FIGURAS**

Tabla 1

*Resultados del test de Abducción cada participante expresado en grados (°)*

Participante	ABD1 (°)	ABD2 (°)	ABD3 (°)	Media(°)	DT
1	179	181	183	181	2,00
2	160	160	163	161	1,73
3	185	185	185	185	0,00
4	183	181	182	182	1,00
5	168	170	178	172	5,29
6	166	168	173	169	3,61
7	153	158	157	156	2,65
8	165	166	167	166	1,00
9	180	177	177	178	1,73
10	155	155	158	156	1,73

ABD1= test de abducción primera medición, ABD2= test de abducción segunda medición, ABD3= test de abducción tercera medición, DT= desviación típica

Tabla 2

*Resultados del test de Rotación Externa de cada participante expresado en grados (°)*

Participante	RE1(°)	RE2(°)	RE3(°)	Media(°)	DT
1	97	93	95	95	2,00
2	88	89	87	88	1,00
3	91	83	93	89	5,29
4	120	122	124	122	2,00
5	98	98	101	99	1,73
6	97	98	96	97	1,00
7	90	90	90	90	0,00
8	104	104	107	105	1,73
9	74	73	75	74	1,00
10	108	109	113	110	2,65

RE1= test de rotación externa primera medición, RE2= test de rotación externa segunda medición, RE3= test de rotación externa tercera medición, DT= desviación típica

Tabla 3

*Resultados del test de Fuerza Isométrica de cada participante expresado en kg*

Participante	F11(kg)	F12(kg)	F13(kg)	Media(kg)	DT
1	8,54	10,83	10,06	9,81	1,17
2	10,35	10,86	10,8	10,67	0,28
3	7,89	6,68	7,36	7,31	0,61
4	11,32	10,81	11,35	11,16	0,30
5	11,4	11,04	11,17	11,20	0,18
6	7,73	6,17	6,12	6,67	0,92
7	10,37	10,98	13,2	11,52	1,49
8	12,04	12,93	13,09	12,69	0,57
9	10,7	9,6	11,02	10,44	0,74
10	10,1	12,1	12,3	11,5	1,22

F11= test de fuerza isométrica primera medición, F12= test de fuerza isométrica segunda medición, F13= test de fuerza isométrica tercera medición, DT= desviación típica

Tabla 4

*Resultados del test de Fuerza Dinámica de cada participante expresado en Newtons (N)*

Participante	FD1(N)	FD2(N)	FD3(N)	Media(N)	DT
1	51,54	54,93	51,36	52,61	2,01
2	48,81	58,50	49,67	52,33	5,36
3	37,97	38,79	41,70	39,49	1,96
4	64,66	60,87	53,23	59,59	5,82
5	48,76	52,25	58,17	53,06	4,76
6	41,41	39,58	47,63	42,87	4,22
7	47,51	49,67	46,26	47,81	1,72
8	42,04	44,26	59,08	48,46	9,26
9	51,93	49,76	46,70	49,46	2,62
10	39,40	40,69	39,86	39,98	0,65

FD1= test de fuerza dinámica primera medición, FD2= test de fuerza dinámica segunda medición, FD3= test de fuerza dinámica tercera medición, DT= desviación típica

Tabla 5

*Resultados del test de Velocidad de cada participante expresado en km/h*

Participante	V1(km/h)	V2(km/h)	V3(km/h)	Media(km/h)	DT
1	82,4	84,17	80,63	82,40	1,77
2	87,88	85,94	79,02	84,28	4,66
3	78,2	83,66	79,32	80,39	2,88
4	94,15	91,9	98,81	94,95	3,52
5	91,41	93,15	87,87	90,81	2,69
6	73,23	73,23	75,96	74,14	1,58
7	79,01	81,75	88,4	83,05	4,83
8	85,8	86,4	89,81	87,34	2,16
9	77,57	80,63	80,63	79,61	1,77
10	82,39	85,93	84,16	84,16	1,77

V1= test de velocidad primera medición, V2= test de velocidad segunda medición, V3= test de velocidad tercera medición, DT= desviación típica

Tabla 6

*Valores de media obtenidos en cada uno de los test realizados por los participantes*

Participante	ABD(°)	RE(°)	FI(kg)	FD(N)	V(km/h)
1	181	95	9,81	52,61	82,40
2	161	88	10,67	52,33	84,28
3	185	89	7,31	39,49	80,39
4	182	122	11,16	59,59	94,95
5	172	99	11,20	53,06	90,81
6	169	97	6,67	42,87	74,14
7	156	90	11,52	47,81	83,05
8	166	105	12,69	48,46	87,34
9	178	74	10,44	49,46	79,61
10	156	110	11,5	39,98	84,16

ABD= abducción, RE= rotación externa, FI= fuerza isométrica, FD= fuerza dinámica, V= velocidad

Tabla 7

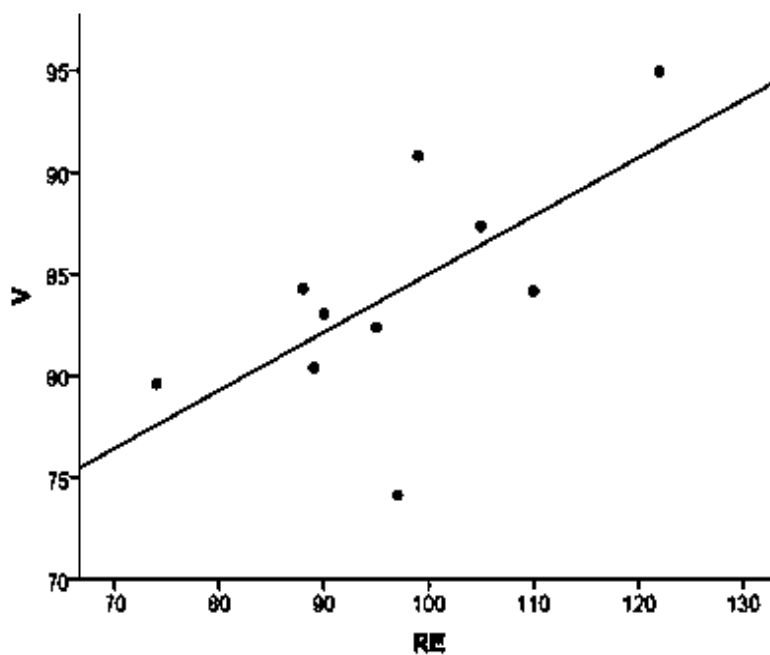
*Nivel de Correlación entre variables con significación ( $p>0,05$ )*

	V(km/h)
ABD(°)	NS
RE(°)	0,646
FI(kg)	0,689
FD(N)	0,686

V= velocidad, ABD= abducción, RE= rotación externa, FI= fuerza isométrica, FD= fuerza dinámica, NS= no significativo

Figura 1

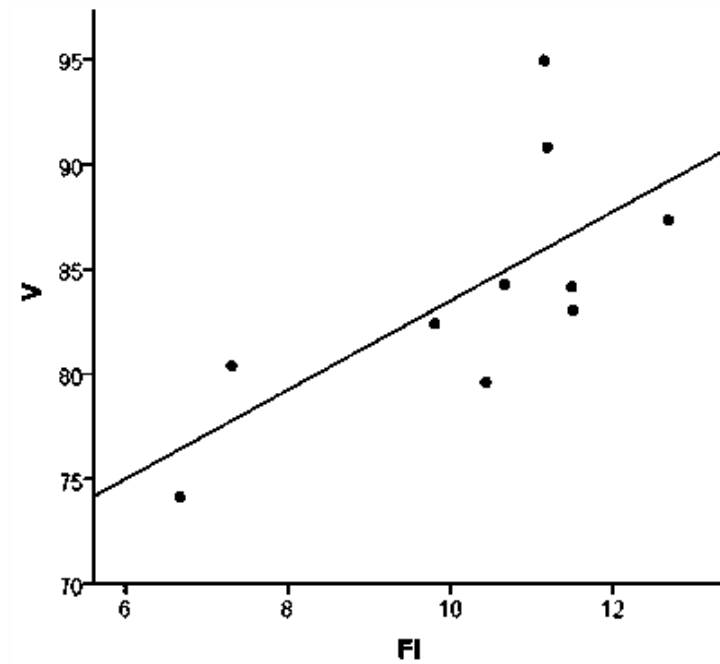
*Relación entre resultados obtenidos en test de velocidad y test de Rotación Externa*



V= velocidad, RE= rotación externa

Figura 2

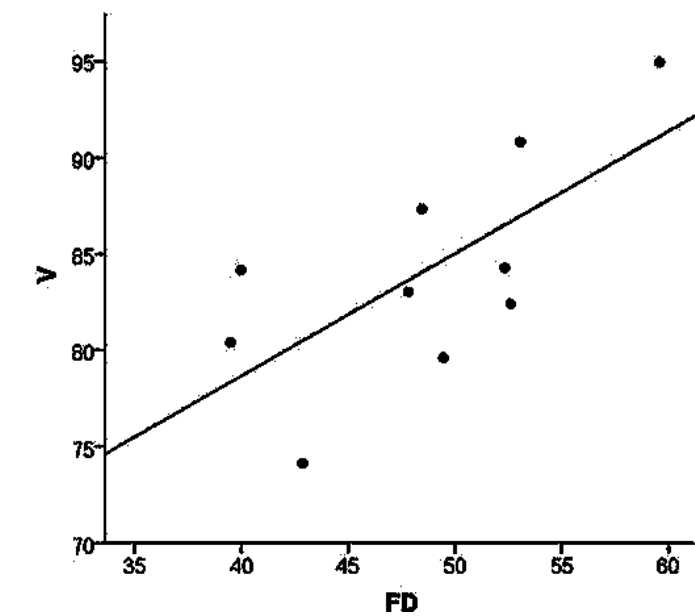
*Relación entre resultados obtenidos en test de velocidad y test de Fuerza Isométrica*



V= velocidad, FI= fuerza isométrica

Figura 3

*Relación entre resultados obtenidos en test de velocidad y test de Fuerza Dinámica*



V= velocidad, FD= fuerza dinámica



## DISCUSIÓN

Los objetivos de este trabajo fueron analizar la influencia de la movilidad de la articulación glenohumeral, de la FI de RI del hombro y de la FD sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano.

Establecer una relación entre la movilidad del hombro y la velocidad de lanzamiento puede resultar interesante para concretar en qué medida esto puede afectar al rendimiento de los jugadores. Encontramos muchos estudios relacionados con la movilidad de la articulación glenohumeral (Downar & Sauers, 2005) (Wilk, y otros, 2011) (Kibler, Sciascia, & Thomas, 2012) pero la gran mayoría de ellos se centran en la relación entre movilidad y lesionabilidad apuntando al GIRD como principal causa. Por ello, en este estudio se trató de analizar la vinculación entre la movilidad y velocidad de lanzamiento obteniendo unos resultados que mostraron que los jugadores con un mayor grado de movilidad en RE obtenían valores más altos de velocidad en los lanzamientos. Debido a esa adaptación de la movilidad sufrida en la articulación en deportes de lanzamiento, puede ser interesante profundizar en este tema ya que puede estar relacionado tal y como muestran los resultados.

Otro de los factores que puede influir en la velocidad de lanzamiento es la fuerza. Se encuentra evidencia al relacionar la fuerza de los jugadores con la velocidad de lanzamiento en varios deportes (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012) y esto deriva en concretar más el carácter de la fuerza centrándose en la fuerza isocinética que generan los músculos rotadores del hombro como factor determinante en la velocidad (Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, & Boudolos, 2001) (Pontaga & Zidens, 2014). En este trabajo se analizó la fuerza isométrica de la RI y en los resultados, al igual que en otros estudios (Clements, Ginn, & Henley, 2000) se puede apreciar que hay una correlación entre ambas variables. En definitiva, los músculos rotadores internos del hombro tienen una gran participación en el armado previo al lanzamiento, por lo que es lógico pensar que sus condiciones afectan directamente al lanzamiento. La elección de un test isométrico puede no ser la opción que más se asemeja al lanzamiento, ya que hablamos de una fuerza que se realiza con carácter dinámico, pero su simplicidad permite centrar el foco de atención en un grupo muscular concreto pudiendo aislar la

influencia de la variable. Esto nos lleva a pensar que la medición de la fuerza de RI mediante un test isométrico puede predecir en cierta medida la velocidad de lanzamiento si se compara entre jugadores. Sin embargo, sería muy interesante profundizar en un test que simplifique la acción de la musculatura que queremos analizar pero que a su vez se asemeje más al carácter de la fuerza de lanzamiento que en este caso es de carácter dinámico.

La relación entre la ejecución del armado previo al lanzamiento y la velocidad resultante también ha sido analizada en varias ocasiones, centrándose en variables como las características antropométricas, la técnica y el "Timing" (Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdo, 2004) o la oposición durante el lanzamiento (Rivilla García, Sampedro Molinuevo, Navarro Valdivielso, & Gómez Ortiz, 2010). Sin embargo, cabe pensar que la fuerza realizada durante el armado también puede ser influyente en la velocidad. Por este motivo, uno de los objetivos de este trabajo fue determinar esa correlación entre FD durante el armado y la velocidad de lanzamiento. Los resultados obtenidos mostraron una correlación estadísticamente significativa por lo que se podría afirmar que la FD influye directamente sobre la velocidad. Sin embargo, al tratarse de un movimiento en el que participa el cuerpo de una forma muy global hay que tener cuidado al realizar esta afirmación, ya que la muestra de participantes no es muy grande y hay muchas variables más que también pueden influir en estos resultados. Por ello, se considera necesario profundizar más en este test y ampliar la muestra para poder realizar una afirmación más firme.

Por último, como se ha comentado, al comparar las principales variables (Movilidad, FI y FD) con la velocidad se encontraron correlaciones estadísticamente significativas, pero no ocurrió lo mismo al comparar dichas variables entre sí. Se podría llegar a pensar que, al influir todas estas variables en la velocidad de lanzamiento, entre estas variables también se encontrarían relaciones, pero no fue el caso. Esto, sin desestimar los resultados, nos debería llevar a tener más cautela a la hora de realizar afirmaciones y también a tenerlo en cuenta para futuros trabajos.

## **CONCLUSIONES**

Muchos estudios han analizado la influencia de diferentes factores sobre la velocidad de lanzamiento obteniendo resultados no siempre significativos. Los resultados de las variables analizadas en este estudio, como son la movilidad del hombro y la fuerza isométrica y dinámica, muestran que hay relación entre dichas variables. Sin embargo, teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra del estudio no es muy grande y que los test son muy específicos, sería muy interesante profundizar más en el tema en futuros estudios para poder afirmar con más contundencia la relaciones entre los mencionados factores y la velocidad de lanzamiento.

A pesar de esto, la evidencia encontrada en este estudio nos hace ver que las hipótesis planteadas obtienen resultados positivos por lo que, a modo de conclusión, podemos afirmar que estos test son válidos para prever y predecir la velocidad de lanzamiento de cada deportista. Por otro lado, la facilidad y accesibilidad de estos test los convierten en unas herramientas muy válidas para su uso, sobre todo en el ámbito amateur, prediciendo el estado de un jugador respecto a la velocidad de lanzamiento, facilitando y optimizando así la labor de la preparación física.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 729-744.
2. Aragón Vela, J., Fernández Santos, J., Gómez Espinosa de los Monteros, R., Carrasco Peña, A., Mora Vicente, J., & González Montesinos, J. L. (2010). Análisis cinemático del lanzamiento con el brazo derecho e izquierdo en waterpolo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 369-379.
3. Bayios, I., Anastasopoulou, E., Sioudris, D., & Boudolos, K. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 229-235.
4. Braun, S., Kokmeyer, D., & Millet, P. J. (2009). Shoulder injuries in the throwing athlete. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 966-978.
5. Caballero, C., Luis, V., & Sabido, R. (2012). Efecto de diferentes estrategias de aprendizaje sobre el rendimiento y la cinemática en el lanzamiento del armado clásico en balonmano. *European Journal of Human Movement*, 83-100.
6. Clements, A. S., Ginn, K. A., & Henley, E. (2000). Correlation between muscle strength and throwing speed in adolescent baseball players. *Physical Therapy in Sport*, 123-131.
7. Crockett, H. C., Gross, L. B., Wilk, K. E., Schwartz, M. L., Reed, J., O'Mara, J., . . . Andrews, J. R. (2002). Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 20-26.
8. Downar, J. M., & Sauers, E. L. (2005). Clinical measures of shoulder mobility in the professional baseball player. *Journal of Athletic Training*, 23-29.
9. Elias, J., & Wit, A. (1996). Determinants of the throwing velocity in handball- a statistical model. *International Symposium on Biomechanics in Sports*, 467-470.
10. Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., & Izquierdo, M. (2004). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Male Handball Players. *Int J. Sports Med*, 1-8.

11. Gutiérrez-Davila, M., Rojas, J., Ortega-Becerra, M., Párraga, J., & Campos, J. (2012). Variabilidad funcional como factor de eficiencia en los lanzamientos a portería en balonmano. *Revista de Ciencias del Deporte*, 121-134.
12. Haag, S. J., Wright, G. A., Gillette, C. M., & Greany, J. F. (2010). Effects of acute static stretching of the throwing shoulder on pitching performance of national collegiate athletic association division III baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 452-457.
13. Kibler, W. B., Sciascia, A., & Thomas, S. J. (2012). Glenohumeral internal rotation deficit: Pathogenesis and response to acute throwing. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 34-38.
14. Párraga Montilla, J. A., Sanchez Vinuesa, A., & Oña Sicilia, A. (2001). Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficiencia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano. *Educación Física y Deporte*, 44-51.
15. Pontaga, I., & Zidens, J. (2014). Shoulder Rotator Muscle Dynamometry Characteristics: Side Asymmetry and Correlations with Ball-Throwing Speed in Adolescent Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 42, 41-50.
16. Rivilla García, J., Navarro Valdivielso, F., Grande Rodríguez, I., & Sampedro Molinuevo, J. (2012). Capacidad de lanzamiento en balonmano en función del puesto específico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 669-714.
17. Rivilla García, J., Sampedro Molinuevo, J., Navarro Valdivielso, F., & Gómez Ortiz, M. (enero de 2010). Influencia de la oposición en la velocidad de lanzamiento en jugadores de balonmano de élite, amateur y formación. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, VI(18), 91-99.
18. Taboadela, C. H. (2007). *Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales*. Buenos Aires.
19. van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2007). A Three-Dimensional Analysis of Overarm Throwing in Experienced Handball Players. *Journal of Applied Biomechanics*, 12-19.
20. Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15-23.
21. Wang, H.-K., Macfarlane, A., & Cochrane, T. (2000). Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *British Journal of Sports Medicine*, 39-43.

22. Wilk, K. E., Fleisig, G. S., Porterfield, R., Simpson, C. D., Harker, P., Paparesta, N., & Andrews, J. R. (2011). Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 329-335.
23. Williams, M., Harveson, L., Melton, J., Delobel, A., & Puentedura, E. J. (2013). The acute effects of upper extremity stretching on throwing velocity in baseball throwers. *Journal of Sports Medicine*, 1-7.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Hoja de Consentimiento Informado Para Participantes de Investigación*



#### Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación (Trabajo de Fin de Grado) con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación perteneciente al Trabajo de Fin de Grado es conducida por el alumno **Sergio Nieto Aznarez**, de la Universidad **UPV/EHU**. La meta de este estudio es **Analizar diferentes factores que puedan influir en la velocidad de lanzamiento en balonmano**.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una entrevista (o completar una encuesta, o lo que fuera según el caso). Esto tomará aproximadamente 5 minutos de su tiempo.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas al cuestionario y a la entrevista serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

\_\_\_\_\_

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por \_\_\_\_\_.  
He sido informado (a) de que la meta de este estudio es \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista, lo cual tomará aproximadamente \_\_\_\_\_ minutos.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a \_\_\_\_\_ al teléfono \_\_\_\_\_.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a \_\_\_\_\_ al teléfono anteriormente mencionado.

-----

Nombre del Participante  
(en letras de imprenta)

Firma del Participante

Fecha

Anexo 2

Ficha de Participantes



**Ficha de Participantes**

Participante Nº : .....

Nombre		Apellidos	
Edad		Altura	Peso
Años practicando balonmano		Puesto	
Brazo dominante	D	I	

**Lesiones:**

**DIA 1**

Movilidad de hombro

TEST MOVILIDAD DE HOMBRO				
	Grados ° Medición 1	Grados ° Medición 2	Grados ° Medición 3	Grados ° Media
Abducción				
Rotación Externa				
Rotación Interna				

Test Fuerza isométrica máxima:

TEST FUERZA ISOMETRICA MAXIMA				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Media
Peso (kg)				



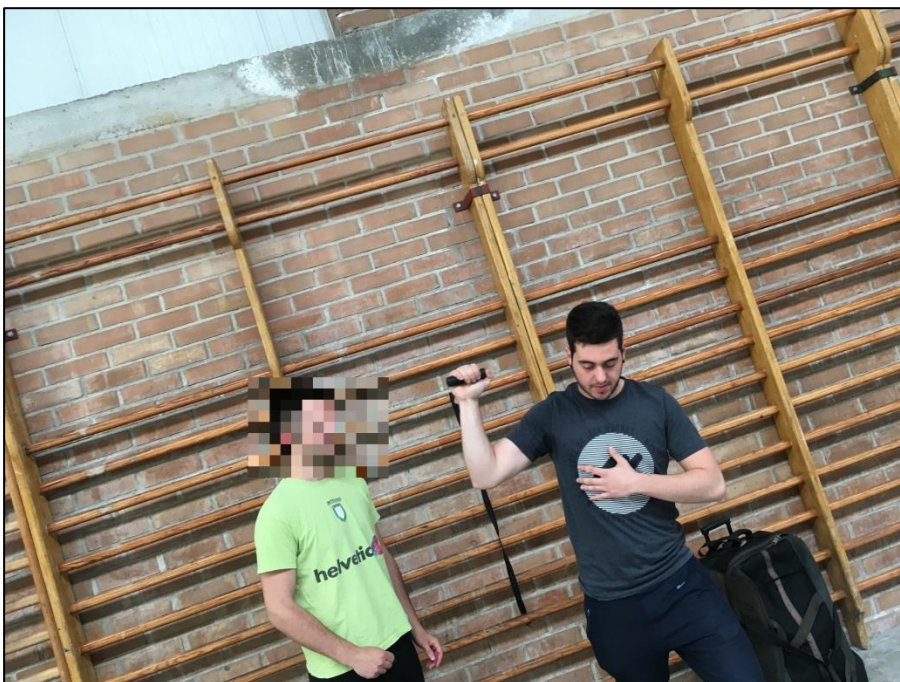
Anexo 3

*Ejemplo de realización de la Prueba de Movilidad de Hombro*



Anexo 4

*Ejemplo de explicación de la Prueba de Fuerza Isométrica*



Anexo 5

*Ejemplo de realización de la Prueba de Fuerza Isométrica*



Anexo 6

*Ejemplo de realización de la Prueba de Velocidad y Fuerza Dinámica*

