

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2018-2019

Perfil individual del hombro en jugadores de balonmano

Individual shoulder profile in handball players

Autor: Juan Francisco Mozo Villaverde

Tutor: Jaime Fernández Fernández

Fecha: 08-07-2019

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

RESUMEN

El balonmano es un deporte donde la estructura del hombro se encuentra sometida a grandes fuerzas y situaciones de estrés, dando lugar a que se produzcan adaptaciones anatómico-estructurales que afectan al rango de movimiento y a la fuerza del hombro. Los objetivos de este estudio fueron evaluar el rango de movimiento y la fuerza del hombro para conocer el perfil individual del hombro así como hacer una propuesta general dirigida a la prevención de lesiones. Los participantes fueron 15 jugadores de balonmano de la categoría infantil. Metodología: se utilizó un inclinómetro para la valoración del rango de movimiento de la rotación interna y externa tanto del brazo dominante como del no dominante. Igualmente, se valoró la fuerza de la rotación interna y externa del hombro dominante y no dominante con un dinamómetro manual. Los resultados obtenidos muestran un incremento de la rotación externa en el brazo dominante respecto al no dominante y un desequilibrio entre rotadores externos e internos, siendo estos últimos más fuertes. La conclusión de este trabajo indica la necesidad de valorar el rango de movimiento y la fuerza del hombro con el propósito no sólo de mejorar el rendimiento deportivo, sino también de reducir las posibles lesiones.

Palabras clave: Balonmano / Fuerza / Rango de movimiento / Perfil individual del hombro

ABSTRACT

Handball is a sport where the structure of the shoulder suffers great forces and stress situations, resulting in anatomical-structural adaptations that affect then range of motion and strength of the shoulder. The objectives of this study were to evaluate the range of motion and the strength of the shoulder in order to know the individual profile of the shoulder as well as making a general injury prevention program. The participants were 15 handball players of early ages. Methodology: an inclinometer was used to assess the range of movement of internal and external rotation of dominant and non-dominant arm. Likewise, the strength of the internal and external rotation of dominant and non-dominant shoulder was assessed with a manual dynamometer. The results obtained show an increase in external rotation in the dominant arm compared with the non-dominant arm and an imbalance between external and internal rotators. The conclusion of this work indicates the necessity to assess the range of motion and strength with the purpose not only to improve athletic performance, also to reduce possible injuries.

Keywords: Handball / Strength / Range of motion /Individual shoulder profile

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Contextualización y factores de rendimiento en el balonmano	5
1.2 Factores de riesgo asociados a la estructura del hombro	6
1.1. a El rango de movimiento del hombro	9
1.1. b La fuerza del hombro	10
2. JUSTIFICACIÓN Y AMBITO DE INTERÉS	11
2.1 Objetivos.....	12
3. METODOLOGÍA	13
3.1 Participantes	13
3.2 Instrumentos	13
3.3 Procedimiento.....	14
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSIÓN	19
6. PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LESIONES	21
6.1 Rigidez de los músculos	22
6.1. a Flexibilidad	22
6.2 Debilidad de los músculos	23
6.2. b Fuerza.....	23
6.3 Propuesta práctica	24
6. CONCLUSIÓN	31
7. VALORACIÓN PERSONAL	31
6. BIBLIOGRAFÍA	32

1. Introducción

1.1 Contextualización y factores de rendimiento en el balonmano

El balonmano es una modalidad deportiva olímpica, que ha experimentado un enorme crecimiento y evolución en las últimas décadas, constituyéndose como un juego de gran rapidez y dinamismo, con un poderoso atractivo visual, acrecentando su popularidad y su número de participantes (Ortega-Becerra, Pareja-Blanco, Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel, y González-Badillo, 2018).

Respecto a lógica interna, el balonmano se caracteriza por ser un deporte sociomotriz de cooperación/oposición, que se desarrolla dentro de una pista de 20x40m, y que tiene como fin último, la introducción del balón en la portería del equipo rival con la mano (Hernández, 1998). En este contexto, será donde se enfrenten, sin restricción en el número de cambios, siete de los catorce jugadores que conforma cada equipo, alzándose como conjunto ganador, aquel que logre anotar más goles una vez que hayan transcurrido los dos periodos de 30 minutos (Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso y Cuadrado-Reyes, 2012; Ingebrigtsen, Jeffreys y Rodahl, 2013). De este modo, el balonmano requiere un alto grado de pericia en aspectos técnicos-tácticos (Van den Tillaar y Cabri, 2012; Nikolaidis e Ingebrigtsen, 2013), pero también un excepcional desarrollo de las capacidades físicas (Ziv y Lidor, 2009).

Atendiendo a su naturaleza y al carácter del esfuerzo, el balonmano es un deporte de carácter intermitente, donde se combinan esfuerzos de alta y baja intensidad (aeróbico y anaeróbico) (Marques y González-Badillo, 2006), siendo las acciones realizadas a alta intensidad las que se encuentran estrechamente relacionadas con el rendimiento deportivo (Gorostiaga, Izquierdo, Iturralde, Ruesta, e Ibáñez, 1999). Por tanto, es necesario que los jugadores posean una adecuada condición física que les permita una rápida recuperación en los periodos de baja intensidad (Aguilar-Martínez, et al., 2012) al mismo tiempo que les permite mantener el ritmo de competición (Wagner, et al., 2016), los niveles de fuerza (Michalsik y Aagaard, 2015), y la velocidad en el lanzamiento (Gorostiaga, Granados, Ibañez e Izquierdo, 2005) así como la habilidad de efectuar esfuerzos repetidos a alta intensidad (Buchheit, et al., 2009).

De entre estas acciones, destacan los sprints, los cambios de velocidad y de dirección, los saltos y los lanzamientos (Marques, Van Den Tillaar, Vescovi y González-Badillo, 2007).

El lanzamiento es una acción técnico-táctica de carácter individual, cuya trascendencia es máxima en el momento de anotar gol. Requiere un patrón coordinativo y mecánico adecuado, así como un alto nivel de producción de fuerza (Marques, et al., 2007). En la literatura se ha descrito, que un jugador profesional de balonmano realiza a lo largo de una temporada un total de 48.000 lanzamientos máximos, llegando a alcanzar velocidades superiores a los 130 km/h (Pieper y Muschol, 2014) en donde se generan fuerzas cercanas al 1,5 veces del peso corporal sobre la estructura del hombro (Fleisig, Andrews, Dillman y Escamilla, 1995). Sin embargo, durante el devenir del juego, el hombro no sólo interviene en acciones como los lanzamientos, sino que también participa en otros gestos deportivos, como los bloqueos, en donde acontecen acciones por encima de la cabeza, en presencia de contacto físico con el oponente y sin tiempo de preparación (Wagner, Pfusterschmied, von Duvillard y Müller, 2011; Kavzmarek, et al., 2014 en Landreau, Zumstein, Lubiatsky y Laver, 2018).

1.2 Factores de riesgo asociados a la estructura del hombro

El hombro es una estructura que requiere de una óptima movilidad y estabilidad para alcanzar un elevado rendimiento deportivo, especialmente en aquellas modalidades deportivas donde el hombro del deportista manifiesta ser un componente fundamental (Horsley y Ashworth, 2016).

En este sentido, observamos que el complejo articular del hombro en el balonmano, se encuentra implicado en infinidad de acciones, dando lugar a que su epidemiología esté generalmente asociada a lesiones producidas por el sobreuso, es decir, lesiones ocasionadas por el uso reiterado e ininterrumpido de determinados patrones de movimiento (Braun, Kokmeyer y Millett, 2009; Aasheim, Stavenes, Andersson, Engbretsen y Clarsen, 2018). De hecho, se ha observado que el hombro representa entre el 4% y el 27% de todas las lesiones ocasionadas en un jugador de balonmano (Bere, et al., 2015; Laver y Myklebust, 2014 en Landreau, Zumstein, Lubiatsky y Laver, 2018).

Por tanto, la literatura científica ha tratado de desgranar cuales son los momentos del juego en donde el hombro se expone con mayor frecuencia. En este sentido, se ha observado y analizado que el complejo del hombro en el balonmano está sometido a un alto nivel de estrés durante el lanzamiento, concretamente en la fases de armado de brazo, aceleración y deceleración (Wagner, Pfusterschmied, Klous, Von Duvillard y Müller, 2012). De hecho, en la fase de armado de brazo y de aceleración, el hombro se encuentra rotado externamente alcanzando posiciones extremas en donde, combinado con los altos niveles de fuerza producidos, el riesgo de lesión sobre el labrum y el tendón de los manguitos rotadores se incrementa enormemente (Jobe, 1995; Burkhart, Morgan y Kibler, 2003).

Por otro lado, la ejecución reiterada de estas acciones ocasiona que en el hombro del deportista lanzador, especialmente en jugadores de edades tempranas, se produzcan una serie de adaptaciones anatómico-estructurales (Borsa, Laudner y Sauers, 2008), las cuales interfieren en su capacidad de rotación y funcionalidad (Sethi, Tibone y Lee, 2004; Wilk, et al., 2011). Estos nuevos mecanismos afectarán a la estructura del hombro modificándola, dando lugar a que se produzcan pinzamientos (Wilk, Meister y Andrews, 2002; Bach y Goldberg, 2006 en Almeida, et al., 2013), deterioros en el labrum (Burkhart, Morgan y Kibler, 2003) y situaciones de inestabilidad anterior (Bigliani, et al., 1997; Ebaugh, McClure y Karduna, 2006 en Almeida, et al., 2013).

Estas adaptaciones anatómico-estructurales han sido explicadas en base a los mecanismos adaptativos que se producen en las estructuras óseas y tendinosas.

A nivel óseo se produce una retroversión de la cabeza humeral en el brazo dominante. Esta adaptación se produce durante la juventud como resultado de los reiterados e intensos movimientos a los que se ve sometido el hombro, ya que la epífisis del húmero todavía no se encuentra completamente cerrada (Crockett, et al., 2002; Reagan, et al., 2002 en Vogler, et al., 2019). Asimismo, se ha observado que esta adaptación es un mecanismo protector en lanzamiento, ya que permite una mayor rotación externa sin necesidad de generar más estrés sobre la parte anterior de la cápsula del hombro, reduciendo la probabilidad de sufrir una lesión en las estructuras del hombro y el codo (Pieper, 1998; Whiteley, Adams, Nicholson y Ginn, 2010; Myers, Oyama, Rucinski y Creighton, 2011 en Horsley y Ashworth, 2016)

A nivel tendinoso, se ha observado que las adaptaciones que se producen en el hombro dominante se encuentran relacionadas con un incremento de la laxitud de la cápsula anterior, debido a los altos niveles de fuerza horizontal generados en el lanzamiento, permitiendo por tanto una mayor rotación externa en el hombro dominante (Pieper, 1998; Whiteley, et al., 2010; Myers, et al., 2011 en Horsley y Ashworth, 2016). Sin embargo, en la cápsula posterior, se produce el efecto contrario, una reducción de la rotación interna debido a un incremento de la rigidez (Pieper, 1998; Whiteley, et al., 2010; Myers, et al., 2011 en Horsley y Ashworth, 2016). Esta rigidez es el resultado de una adaptación producida por el estrés al que se somete a la cápsula posterior en la fase de deceleración, dando lugar a que se generen microtraumas que terminan aumentando la rigidez de esta estructura, ya que los músculos del manguito de los rotadores no son capaces de absorber completamente toda la fuerza generada en el lanzamiento (Burkhart, Morgan y Kibler, 2003).

Estos mecanismos adaptativos del deportista lanzador se identifican rápidamente cuando se compara el brazo dominante (lanzador) con el brazo no dominante (no lanzador). Por tanto, esta diferencia entre segmentos puede conducir a que se produzcan desequilibrios, los cuales han demostrado influir sobre el rango de movimiento del hombro y la producción de fuerza de los músculos del manguito de los rotadores (internos y externos), indicadores que se han recogido en la literatura como factores de riesgo lesional (Clarsen, Bahr, Andersson, Munk y Myklebust, 2014).

Por ello, analizaremos los factores que han sido identificados como elementos predictores del riesgo de lesión en jugadores lanzadores. Estos son el rango de movimiento y la fuerza de los rotadores del hombro.

1.1. a El rango de movimiento del hombro

La literatura científica ha observado que en aquellos deportes en los que se realizan gestos reiterados por encima de la cabeza se genera una asimetría en el brazo dominante (Kibler, et al., 2013), produciéndose una disminución de la rotación interna y un incremento de la rotación externa (Cools, Palmans y Johansson, 2014), dando lugar a que se modifique la cinemática de la articulación glenohumeral (Thomas, et al., 2011).

Esta limitación en la rotación interna, ha sido denominada en la literatura como déficit glenohumeral de rotación interna o “glenohumeral internal rotation deficit” (GIRD en adelante). El GIRD ha sido definido como un déficit en la rotación interna pasiva del hombro entre el brazo dominante y no dominante (Burkhart, Morgan y Kibler, 2003), habiendo sido identificado como el principal factor de riesgo en la estructura del hombro (Myers, Laudner, Pasquale, Bradley y Lephart, 2006; Tyler, Nicholas, Lee, Mullaney y McHugh, 2010).

Se considera que un deportista posee un GIRD patológico cuando existe una diferencia mayor de 18°-20° en el rango de movimiento pasivo entre el hombro dominante y no dominante (Burkhart, Morgan y Kibler, 2003). De hecho, se ha descrito que un GIRD de 18°, implica que el riesgo de lesión se duplique (Kibler, et al., 2013; Wilk, et al., 2011).

Por el contrario, se considera un valor estándar o anatómico, aquel cuyo GIRD es inferior a 15° (Aldridge, Guffe, Whitehead y Head, 2012; Fairall, Cabell, Boergers y Battaglia, 2017). Sin embargo, pese a que estas referencias son generalmente aceptadas, no existe un criterio claro en la literatura científica, ya que algunos estudios han registrado lesiones en el hombro con valores comprendidos entre 11° (Myers, et al., 2006) y 18° (Wilk, et al., 2011).

Por último, añadir que también se ha considerado como índice predictivo de lesión, la existencia de una asimetría mayor de 5° entre ambos brazos en la rotación total del hombro (TROM en adelante), resultado de la suma de la rotación interna y la rotación externa (Wilk, et al., 2011).

En definitiva, se ha señalado y descrito en la literatura los factores de riesgo a los que se encuentran expuestos los jugadores que lanzan, siendo necesario que estas variables sean evaluadas frecuentemente con el propósito de identificar y prevenir posibles riesgos que puedan conducir a una lesión.

1.1. b La fuerza del hombro

La fuerza del hombro es un indicador valioso que sirve al cuerpo técnico como criterio para identificar y prevenir lesiones, integrar a un jugador que sale de una lesión en el equipo, desarrollar estrategias y programas preventivos o como método de monitorización de la fuerza durante la temporada (Cools, et al., 2016; Horsley y Ashworth, 2016; Landreau, Zumstein, Lubiatowsky y Laver, 2018).

En la práctica del balonmano, se ha observado que los jugadores manifiestan un desequilibrio en la capacidad de producir fuerza entre los rotadores internos y externos, considerándose esta circunstancia como un factor de riesgo (Trakis, et al., 2008; Byram, et al., 2010; Clarsen, et al., 2014). Asimismo, se ha observado que los jugadores presentan niveles más altos de fuerza cuando rotan internamente que cuando lo hacen externamente, dando lugar a que se produzca un desequilibrio entre los rotadores. En este sentido, un desequilibrio superior al 15% entre el ratio interno y externo, se identifica como un factor de riesgo (Clarsen, et al., 2014; Achenbach, et al., 2019). De hecho, se ha observado una mayor probabilidad de sufrir lesiones por sobreuso en desequilibrios entre rotación interna y externa mayores al 20% (Andersson, Bahr, Clarsen y Myklebust, 2018). De ahí, los esfuerzos por aplicar programas de entrenamiento orientados a reducir estos desequilibrios entre rotadores internos y externos, en donde se ha visto que incrementar la fuerza de los rotadores externos se traduce en una reducción del riesgo de lesión en un 28% (Andersson, Bahr, Clarsen y Myklebust, 2017).

Por otro lado, hay que añadir que los músculos de la cintura escapular (rotadores internos y externos) son esenciales en la estabilización dinámica de la articulación glenohumeral, manteniendo la cabeza del humero en una posición óptima dentro de la glenoide (Edourd, et al., 2011).

Sin embargo, en el caso de que hubiera un desequilibrio entre rotadores, la articulación glenohumeral no estaría adecuadamente estabilizada provocando que otros músculos interviniesen en esta acción, generando una mayor sobrecarga sobre los mismos. Este aumento en la fuerza que tienen que soportar se traduciría con el paso del tiempo en dolor. Además, esto conllevará que estas estructuras se fatiguen más rápidamente (en especial los rotadores externos, que son más débiles) pudiendo poner en compromiso el espacio subacromial (Horsley y Ashworth, 2016).

Por tanto, estos ratios deben de ser valorados y frecuentemente monitorizados, con el propósito de reducir el riesgo de lesión y proponer un programa preventivo que permita minimizar este factor de riesgo (Cools, et al., 2016; Horsley y Ashworth, 2016).

2. JUSTIFICACIÓN Y AMBITO DE INTERÉS

Las lesiones deportivas pueden producirse como consecuencia de la fatiga, una mala condición física,... o incluso por mala suerte. Éstas no pueden ser completamente eliminadas de la práctica deportiva, ya que son intrínsecas a ella, pero sí que es necesario que tratemos de reducir al máximo los factores que ponen en riesgo a nuestro deportista.

Para abordar esta problemática, el cuerpo técnico, de forma interdisciplinar, debe dirigir todos sus esfuerzos en identificar y prevenir las posibles lesiones, que dependerán del tipo de modalidad deportiva, así como del tipo de estructura anatómica que generalmente se dañe.

Desde nuestro campo de trabajo, la preparación física, podemos identificar desequilibrios o factores de riesgo, que puedan inducir a una posible lesión. Esto a su vez, si no se identifica a tiempo, puede conllevar a que el deportista tenga que abandonar la práctica deportiva, traducándose en un impacto negativo sobre el nivel emocional, deportivo y económico del club. Por tanto, el conocimiento de estrategias que nos permitan valorar a nuestros jugadores, así como la capacidad de elaborar protocolos preventivos en base a los datos obtenidos, no sólo nos permite prepararle para la competición sino también protegerle de posibles lesiones.

El ámbito de interés abarca principalmente el deporte de alta competición, pero también puede ser utilizado en poblaciones de deportistas jóvenes. Asimismo, tiene una gran versatilidad ya que puede utilizarse como método de valoración o de monitorización, siendo una herramienta que puede ser realmente útil para todo el cuerpo técnico, y cuya información puede ser utilizada como criterio en el ámbito de la readaptación, la prevención de lesiones y la preparación física.

2.1 Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar en este trabajo final de máster son:

- *Valorar la fuerza y el rango de movimiento del complejo articular del hombro a través de una metodología validada científicamente.*
- *Conocer el perfil individual del hombro en función de las características del jugador con el propósito de identificar sus necesidades.*
- *Analizar y sintetizar la literatura científica publicada en las diferentes bases de datos.*
- *Proponer un programa general de entrenamiento preventivo con una base de conocimiento científico*

A continuación, pasamos a describir la metodología empleada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Participantes

La muestra utilizada estuvo compuesta por quince jugadores infantiles, pertenecientes al club de balonmano Abanca Ademar León, con una edad comprendida entre los 12 y 13 años (Media \pm Desviación estándar; Edad: 13.2 ± 0.6 años, Peso: $55,3 \pm 11.7$ kg, Altura: 165 ± 8 cm) y una experiencia en la práctica del balonmano superior a los dos años. Previamente a la intervención, se informó a jugadores y tutores sobre cuál sería el objeto de estudio y su procedimiento, siendo necesario un documento escrito que reflejara su conformidad y autorización para realizar las pruebas de evaluación.

3.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la medición de las variables rango de movimiento y fuerza del hombro son los que se describen a continuación.

Para el registro del rango de movimiento se utilizó un inclinómetro (ISOMED, Portland, Oregon) con el que se valoró la movilidad pasiva del hombro, tanto la rotación interna como la externa. Estos valores, expresados en grados ($^{\circ}$) fueron anotados para su posterior análisis descriptivo. En relación al método de valoración utilizado para el rango de movimiento, podemos decir que muestra tener una alta reproductibilidad y fiabilidad, siendo sensible a cambios de hasta 3° (Kibler, Sciascia y Moore, 2012),

Para medir la fuerza isométrica máxima del hombro, se empleó un dinamómetro manual (Nicholas Manual Muscle Tester, Lafayette Indiana Instruments), registrándose el pico máximo de fuerza expresado en Newton (N). La literatura ha señalado que el dinamómetro manual, además de ser un instrumento de uso sencillo y de precio no abusivo, confirmando que se trata de una herramienta válida y fiable (Schrama, Stenneberg, Lucas y Van Trijffe, 2014).

3.3 Procedimiento

La evaluación de los jugadores se realizó el mismo día, en horario de mañana, en el polideportivo de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de León.

En primer lugar, se realizó un calentamiento estandarizado en donde se propusieron diferentes ejercicios de movilidad y fuerza con el propósito de solicitar todos los movimientos que permite la articulación del hombro. Una vez finalizado el calentamiento, comenzaron las evaluaciones.

Para medir el rango de movimiento, se colocó al jugador sobre una camilla con las piernas extendidas. A continuación, se comprobó que el hombro y el codo del sujeto mantuvieran 90° de abducción durante la ejecución de la prueba, al mismo tiempo que se respetaba el plano de la escapula (Kibler, Sciascia y Moore, 2012). Del mismo modo, un segundo evaluador se encargaba de fijar la escápula desde la apófisis coracoides, para que ésta permaneciera inmóvil y estabilizada, evitando que se produjera un desplazamiento de la escápula que pudiera alterar los resultados obtenidos en el test. El inclinómetro se colocó sobre el antebrazo, ajustándose antes de cada repetición, mientras el evaluador rotaba el brazo pasivamente hasta alcanzar la rotación máxima sin que se produjera un desplazamiento de la escápula o hasta llegar a la rigidez muscular. Este proceso se repitió en ambos brazos, tanto para la rotación interna como la externa (Kibler, et al., 2013). El registro que se anotó fue el promedio de las dos medidas, tanto el de la rotación interna como la externa así como los datos correspondientes al hombro contrario.

Para evaluar la fuerza el sujeto se colocó al deportista de igual modo que el test anterior, donde el hombro y codo permanecían en una posición de 90°. A continuación, se le pidió al sujeto que aplicará fuerza durante 4-5 segundos de forma progresiva hasta alcanzar la máxima fuerza isométrica. Además, el sujeto fue alentado verbalmente en cada repetición.

El dinamómetro se colocó a 2 centímetros por debajo de la apófisis radial y cubital (muñeca) para que pudiera aplicar la máxima fuerza (Rieman, Davies, Ludwig y Gardenhour, 2010) sin que tuviera molestias. El número de repeticiones fueron 2,

con un descanso de aproximadamente 20 segundos entre repetición (Cools, et al., 2014; Cools, Palmans y Johansson, 2014; Kibler, Press y Sciascia, 2006 en Cools, et al., 2016). Este procedimiento se repitió cuando se valoró la rotación interna y externa, tanto del brazo dominante como no dominante. El registro que se anotó fue el promedio de las dos medidas, tanto el de la rotación interna como la externa así como los datos correspondientes al hombro contrario.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el rango de movimiento son los que se muestran en la Tabla 1, mientras que los mostrados en la Tabla 2 hacen referencia a la fuerza del hombro.

Tabla 1. Resultados individuales en la prueba de rango de movimiento del hombro.

	Rango de movimiento			
	Interna		Externa	
N =15	D	ND	D	ND
Sujeto 1	66,0	68,0	83,0	95,0
Sujeto 2	68,0	68,0	150,0	112,0
Sujeto 3	70,0	84,0	109,0	98,0
Sujeto 4	79,0	78,0	127,0	98,0
Sujeto 5	85,0	71,0	149,0	141,0
Sujeto 6	79,0	65,0	114,0	93,0
Sujeto 7	75,0	82,0	147,0	124,0
Sujeto 8	47,0	39,0	102,0	93,0
Sujeto 9	67,0	74,0	125,0	103,0
Sujeto 10	69,0	72,0	119,0	113,0
Sujeto 11	48,0	61,0	143,0	120,0
Sujeto 12	60,0	70,0	122,0	109,0
Sujeto 13	78,0	67,0	144,0	115,0
Sujeto 14	56,0	71,0	125,0	121,0
Sujeto 15	60,0	60,0	136,0	99,0
Media ± SD	67,1± 11,3	68,7± 10,6	126,3± 19,2	108,9± 13,8

D: Brazo dominante; **ND:** Brazo no dominante; **SD:** Desviación estándar. Unidades expresadas en grados (°).

En relación a los resultados obtenidos, podemos observar en la Tabla 1 que el promedio de la rotación interna del brazo dominante es $67,1^{\circ} \pm 11,3^{\circ}$ mientras que el brazo no dominante es $68,7^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$. En este sentido, observamos que hay

jugadores que poseen diferencias mayores a 10° entre ambos segmentos, siendo necesario intervenir sobre ellos. Por otro lado, podemos comprobar que el promedio de rotación externa del brazo dominante es $126^\circ \pm 19,2^\circ$, mientras que el brazo no dominante $108,9^\circ \pm 13,8^\circ$. De esta manera, también se pone de manifiesto que existen diferencias mayores a los 10° entre brazos dominante y no dominante, cumpliéndose las adaptaciones descritas anteriormente, ya que existe una mayor rotación externa en el brazo dominante si lo comparamos con los valores de referencia del brazo no dominante. Sin embargo, en el caso de la rotación interna en relación con el brazo dominante y no dominante, no existen diferencias superiores a los 10° .

Tabla 2. Resultado individual en la prueba de fuerza del hombro.

	Fuerza del hombro			
	Interna		Externa	
N =15	D	ND	D	ND
Sujeto 1	176,2	171,2	126,2	95
Sujeto 2	128,4	105,7	82,4	112
Sujeto 3	168,3	142,5	137,6	98
Sujeto 4	100,3	101,4	87,5	98
Sujeto 5	125,1	140,4	109,1	141
Sujeto 6	152,2	146,8	107,1	93
Sujeto 7	141	131,1	94,8	124
Sujeto 8	130,4	130,7	89,1	93
Sujeto 9	120,7	127,4	102,2	103
Sujeto 10	111,1	132,9	71	113
Sujeto 11	114,9	109	69,7	120
Sujeto 12	162,3	136,9	114,3	109
Sujeto 13	159,1	139,1	130,8	115
Sujeto 14	226,3	245,9	161,7	121
Sujeto 15	107,1	103,5	96,7	99
Media \pm SD	141,6\pm 33,3	137,6\pm 35,4	105,3\pm 25,6	108,9 \pm 13,8

D: Brazo dominante; **ND:** Brazo no dominante; **SD:** Desviación estándar. Unidades expresadas en Newton (N).

En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba para valorar la fuerza de hombro (Tabla 2), podemos observar que el promedio de la rotación interna del brazo dominante es $141,6N \pm 33,3N$, mientras que el brazo no dominante es $137,6N \pm 35,4N$. Por otro lado, en el caso de la rotación externa, observamos que el promedio de la rotación externa en el brazo dominante es $105,3N \pm 25,6N$, mientras que en el no dominante es $108,9N \pm 13,8N$.

A continuación seguiremos con un análisis descriptivo de la Tabla 3, en la que se analizan los desequilibrios existentes en el rango de movimiento y en la fuerza del hombro.

Tabla 3. Desequilibrio en el rango de movimiento y en la fuerza del hombro

	TROM (>5°)	GIRD (>18°)	Ratio I D/ND	Ratio E D/ND	Ratio D E/I	Ratio ND E / I
N= 15						
Sujeto 1	14	2	-2,9	-32,8	28,4	44,5
Sujeto 2	38	0	-21,5	26,4	35,8	-6,0
Sujeto 3	3	14	-18,1	-40,4	18,2	31,2
Sujeto 4	30	1	1,1	10,7	12,8	3,4
Sujeto 5	22	14	10,9	22,6	12,8	-0,4
Sujeto 6	35	14	-3,7	-15,2	29,6	36,6
Sujeto 7	16	7	-7,6	23,5	32,8	5,4
Sujeto 8	17	8	0,2	4,2	31,7	28,8
Sujeto 9	15	7	5,3	0,8	15,3	19,2
Sujeto 10	3	3	16,4	37,2	36,1	15,0
Sujeto 11	10	13	-5,4	41,9	39,3	-10,1
Sujeto 12	3	10	-18,6	-4,9	29,6	20,4
Sujeto 13	40	11	-14,4	-13,7	17,8	17,3
Sujeto 14	11	15	8,0	-33,6	28,5	50,8
Sujeto 15	37	0	-3,5	2,3	9,7	4,3
Media ± SD	19,6° ± 13,3°	7,9° ± 5,6°	9,2% ± 7,0%	20,7% ± 14,4%	25,2% ± 9,8%	19,6% ± 15,8%

TROM: Rango total de rotación; **GIRD:** Déficit de rotación interna **I:** Interna; **E:** Externa; **D:** Dominante; **ND:** No dominante; **Desvest:** desviación estándar. Valores expresados en grados en TROM y GIRD y en Newton el resto.

De acuerdo con el TROM, podemos observar la existencia de un desequilibrio en el TROM cuando se compara hombro dominante y no dominante, siendo el promedio $19,6^\circ \pm 13,3^\circ$. En este sentido, la mayoría de la muestra, 12 de los 15 jugadores, poseen valores superiores al umbral de asimetría propuesto por Wilk et al. (2011) de 5° y sólo 3 de ellos poseen una asimetría inferior a 5° .

En relación con el GIRD, podemos comprobar que no se encuentra un GIRD elevado, ya que el promedio es $7,9^\circ \pm 5,6^\circ$, situándose en una posición alejada de lo que ha sido descrito por la literatura como un GIRD patológico ($>18^\circ$). No obstante, podemos observar que 4 son los sujetos que poseen un GIRD próximo a los umbrales que han sido descritos por la literatura como indicadores de lesión.

Atendiendo al ratio de rotación interna, en donde se compara el brazo dominante y no dominante, podemos observar que existe un desequilibrio promedio de $9,2\% \pm 7,2\%$. En este sentido, podemos observar que no existen desequilibrios superiores al 10-15% en el promedio de la rotación interna, excepto en 4 de los sujetos que componen la muestra, quienes necesitan un trabajo compensatorio.

En el caso de la rotación externa, en donde se compara el brazo dominante y no dominante, podemos observar que el desequilibrio promedio es de $20,7\% \pm 14,4\%$. De esta manera observamos que este desequilibrio promedio es superior al 10-15%, siendo necesario intervenir sobre esta variable. De hecho, 9 de los 15 jugadores poseen desequilibrios mayores al 15%. De estos 9, se observa que 4 poseen más fuerza de rotación externa en el brazo no dominante que en el dominante, mientras que de los otros 5, su brazo dominante es más fuerte rotando externamente.

Por último, analizaremos los niveles de fuerza de rotadores internos y externos en el brazo dominante y no dominante, descritos en la Tabla 3.

En el caso del brazo dominante, podemos observar que el desequilibrio promedio entre rotadores internos y externos es de $25,2\% \pm 9,8\%$. En este sentido, observamos que todos los sujetos muestran ser más fuertes rotando internamente que externamente. Asimismo, de entre todos ellos, únicamente 3 sujetos poseen desequilibrios inferiores al 15%, mientras que los 12 sujetos restantes poseen valores superiores. De este modo, se pone de manifiesto la necesidad de realizar un trabajo compensatorio que ayude a reducir estas diferencias.

Por último, en el caso del brazo no dominante, observamos que el desequilibrio promedio entre rotadores internos y externos es de $19,6\% \pm 15,8\%$. En este sentido, observamos que únicamente 3 sujetos son más fuertes externamente, mientras que los otros 12 son más fuertes rotando internamente. Asimismo, se observa que sólo 7 de los 15 jugadores poseen un desequilibrio inferior al 15%, mientras que los otros 8 sujetos restantes poseen valores superiores.

Los resultados obtenidos nos permiten crear un perfil individual del hombro de cada jugador de acuerdo a las características individuales que manifiesta, permitiéndonos identificar cuáles son sus debilidades y sus fortalezas. En este sentido, el

conocimiento del perfil de cada jugador nos permitirá ser más precisos a la hora de orientar y prescribir su entrenamiento, así como de mejorar su rendimiento deportivo y reducir la probabilidad de que el deportista se lesione.

5. DISCUSIÓN

Este trabajo final de máster tiene como objetivo valorar el rango de movimiento y la fuerza del hombro con el propósito de conocer cuál es el perfil individual del hombro del jugador, con el objetivo de atender a sus necesidades individuales. Este perfil individual nos va a permitir identificar posibles desequilibrios que pudieran afectar a la estructura del hombro, así como reducir aquellos indicadores que están asociados a un incremento en el riesgo de lesión.

La utilización del hombro en gestos deportivos por encima de la cabeza, como por ejemplo ocurre con el lanzamiento, da lugar a que se produzcan una serie de adaptaciones. Una de estas adaptaciones es la reducción de la rotación interna del hombro dominante cuando se compara con el no dominante, y que se produce debido a una mayor rigidez en la capsula posterior del hombro. El GIRD se incrementa con el paso de la edad y es común en deportes como el voleibol, el tenis o el bádminton (Myklebust, Hasslan y Bahr, 2013; Trakis, et al., 2008; Reeser, 2010; Ellenbecker, et al., 2002; Coupe, 2014 en Clarsen, et al., 2017). En nuestra muestra el GIRD no está muy limitado ($7,9^{\circ} \pm 5,6^{\circ}$) en relación con los estándares descritos anteriormente. Esto mismo ocurre en el estudio realizado por Shanley et al. (2015) en donde encontró que los niños de beisbol sin lesiones previas poseían un GIRD de $8,0^{\circ} \pm 9,0^{\circ}$, valores muy por debajo de lo descrito en la literatura. Este GIRD tan poco acentuado podría ser explicado por la edad de los jugadores. En este sentido, un estudio de meta análisis, en donde se analizaba el GIRD, se señaló que los puntos de corte del GIRD deberían ser diferentes en función de la edad de la muestra a la que se analice. Estos autores recomiendan que en poblaciones adultas se aplique un $\text{GIRD} \geq 18^{\circ}$, mientras que cuando se utilice en poblaciones adolescentes o de edad inferior, el GIRD sea $\geq 15^{\circ}$ (Johnson, Fullmer, Nielsen, Johnson y Moorman III, 2018). No obstante, estos puntos de corte no están claros, debido a la escasa literatura científica en poblaciones jóvenes, siendo necesario más

conocimiento científico. Adicionalmente, estos autores sugieren, que aquellos deportistas que posean un GIRD $\geq 13,8^\circ$ comience con un programa de prevención de lesiones (Johnson, et al., 2018).

La fuerza del hombro es otra de las variables de gran importancia, ya que es uno de los componentes que ayuda a lanzar más rápido. En este sentido, se ha descrito en la literatura la diferencia existente en la capacidad de producir fuerza entre rotadores externos e internos, siendo estos últimos más fuertes. Esta misma afirmación se pone de manifiesto en nuestro estudio. A la hora de comparar el brazo dominante y no dominante, se ha sugerido que desequilibrios mayores del 15% corresponden a una adaptación propia de las características de los deportes que involucran acciones por encima de la cabeza (Edouard, et al., 2013), dando lugar a que se proponga como punto de corte un desequilibrio mayor al 25% entre ambos segmentos. En este sentido, se considera una situación de riesgo de lesivo en aquellos valores que se encuentren por encima del 25% (Cools, et al., 2014). Sin embargo, los datos obtenidos no pueden ser comparados con otros jóvenes deportistas debido a la falta de literatura científica y a las diferencias entre protocolos de evaluación utilizados (Cools, et al., 2015).

Por último, debemos añadir que en este estudio se muestran diferencias bilaterales entre ambos segmentos, pérdidas de rango de movimientos mayores a 15° así como diferencias en el TROM mayor de 5° . De este modo, el cuerpo técnico debe tener presente estos datos y a partir de ellos, elaborar un programa que permita reducir estos desequilibrios. En este estudio, se observan situaciones individuales que han sido descritas como indicadores de riesgo de lesión, siendo interesante que no sólo se planteen programas de prevención sino que también se continúen realizando pruebas de evaluación periódicamente con el propósito de conocer cómo evoluciona nuestro jugador. En términos generales observamos que existe un déficit en el rango de movimiento y fuerza, siendo estas variables sobre las que deberemos de intervenir principalmente.

Por último, atendiendo a los desequilibrios encontrados propondré un programa de prevención de lesiones general con el propósito de reducir los factores extrínsecos que se encuentran asociados en la literatura con un mayor riesgo de lesión.

6. PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LESIONES

Un programa de prevención de lesiones debe tener como objetivo reducir las compensaciones que se producen en la práctica deportiva, con el propósito de reducir el riesgo de lesión. Por tanto, este programa está orientado principalmente a reducir los desequilibrios en el ROM y la fuerza entre el brazo dominante y no dominante, pero también entre la rotación interna y externa.

En cuanto a la selección de los ejercicios y a la progresión del programa, nos guiaremos por las variables recogidas en la Tabla 4. De este modo, podremos dotar a nuestros deportistas de una gran variedad de estímulos, al mismo tiempo que progresamos de lo simple a lo complejo y de lo fácil a lo difícil.

Tabla 4. Variables a tener en cuenta en un programa de prevención (Fuente: modificado de Horsley y Ashworth, 2016).

Variables	-	+
Tipo de ejercicio	Guiado	Peso libre
Movimiento	Estático	Dinámico
Lateralidad	Bilateral	Unilateral
Superficie	Estable	Inestable
Velocidad de ejecución	Baja, media	Rápida
Patrón motor	Simple	Complejo
Carga	Sin carga	Carga externa
Fuerza externa	Predeterminada	Desconocida

Sin embargo, antes de exponer el programa de prevención, es necesario conocer en primer lugar cuáles son las circunstancias que afectan a nuestra modalidad deportiva, el balonmano. En este sentido, se ha descrito que las adaptaciones anatómicas más comunes son por un lado, la rigidez tendinosa, muscular y capsular,

siendo necesario intervenir sobre estas estructuras, flexibilizándolas, y por el otro, la debilidad muscular de los rotadores externos, siendo necesario mejorar sus niveles de fuerza. Por tanto, nos centraremos sobre estas dos variables fundamentalmente.

6.1 Rigidez de los músculos

Se ha observado que los deportistas lanzadores desarrollan una mayor rigidez en los músculos de la cintura escapular, afectando y alterando a largo plazo la función de la escápula. Por tanto, debemos identificar cuáles son los principales grupos musculares que se ven limitados.

El pectoral menor y el deltoides posterior son las principales estructuras afectas. El exceso de rigidez provoca que los jugadores adquieran una postura en la que sus hombros se encuentran anteriorizados y que la escápula esté elevada y rotada internamente (Madsen, et al., 2011; Maenhout, et al., 2015 en Thomas y Kelly IV, 2017). Esta nueva posición supone que la escápula no esté estable y el espacio subacromial se reduzca, incrementando el riesgo de lesión (Maenhout, et al., 2013 en Thomas y Kelly IV, 2017).

Por otro lado, la rigidez de la porción larga del tríceps y del dorsal ancho provocan que la flexión del hombro quede reducida, dando lugar a que la escápula no esté correctamente estabilizada y sea inestable (Proske y Morgan, 2001 en Thomas y Kelly IV, 2017).

Como se ha podido ver, la limitación de estas estructuras no sólo afecta a la movilidad de la escápula sino también a su cinemática, obligando al deportista a compensar y modificar los patrones motores. Por tanto, estos músculos enunciados anteriormente, deben ser la diana principal de nuestros estiramientos.

6.1. a Flexibilidad

La literatura científica ha tratado de identificar cuáles son los ejercicios más efectivos y con cuales se obtienen mayores mejoras.

En este sentido, para el pectoral menor, se recomiendan estos dos ejercicios: retracción escapular sobre foam roller y estiramiento del pectoral menor contra la

pared (Edelson, 2000; Flannigan, et al., 1900 en Thomas y Kelly IV, 2017). Asimismo, en el caso del deltoides posterior, los estudios han demostrado que el “sleeper Stretch shoulder” y el “Crossarm Stretch” producen efectos agudos y crónicos en la mejora de la rotación interna del hombro (Fleisig, et al., 1995; Fleisig, et al., 1999; Fleisig, et al., 2011; Fleisig, et al., 2006 en Thomas y Kelly IV, 2017).

Como recomendación general, proponen que se realicen 3 series de 30 segundos de duración en cada ejercicio (Thomas y Kelly IV, 2017).

6.2 Debilidad de los músculos

A la hora de fortalecer los músculos de la cintura escapular, debemos identificar, de acuerdo a la literatura científica, cuales son los músculos más fuertes (hipertónicos), y cuales son aquellos que están inhibidos y son más débiles (hipotónicos). En este sentido, se ha observado que los músculos más fuertes son el trapecio superior, el romboides, el pectoral menor y el elevador de la escápula, mientras que el trapecio inferior y medio así como el serrato anterior están inhibidos (Castelein, et al., 2016; Michener, et al., 2016; Struyf, et al., 2014 en Thomas y Kelly IV, 2017), siendo estos últimos los que debemos potenciar. Asimismo, también debemos tener en cuenta que los jugadores de balonmano muestran una mayor fuerza en los rotadores internos que en los externos, siendo necesario intervenir también sobre estos últimos.

6.2. b Fuerza

Los ejercicios de fuerza deben estar orientados a equilibrar la fuerza muscular entre los músculos hipertónicos e hipotónicos. En este sentido, nos centraremos en un estudio realizado por Cools et al. (2014) en el que analizan diferentes ejercicios que intervienen sobre los músculos de la cintura escapular en función de la activación electromiográfica. En este sentido, los ejercicios que demuestran una mayor activación sobre la musculatura hipotónica son los siguientes:

1. **Trapecio inferior:** “forward flexion in side-lying position”, “external rotation at 20° of abduction”, “external rotation at 90° of abduction”, “external rotation diagonal”.

2. **Trapezio medio:** “forward flexion in side-lying position”.
3. **Serrato anterior:** “Standing forward flexion”, “full can”.




No obstante, también es necesario proponer otros ejercicios más globales que actúen sobre los músculos encargados de la rotación externa. Algunos de los ejercicios más utilizados son “band pull apart” o “face pull”.




6.3 Propuesta práctica





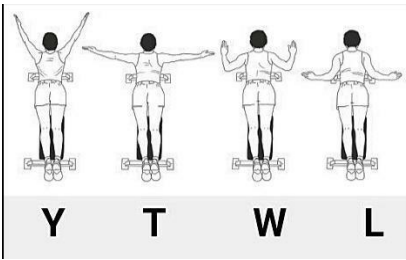
Una vez que se ha realizado una breve introducción sobre las características que envuelven la práctica del balonmano y se ha descrito cuáles son los ejercicios que más evidencia científica han manifestado, pasamos a enunciar cuáles van a ser los contenidos que van a integrar este programa.

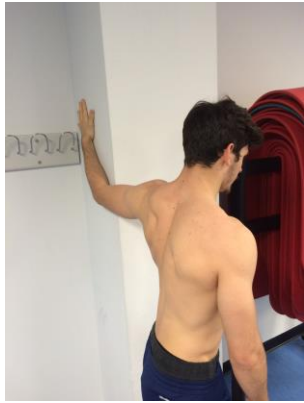


Los contenidos que vamos a trabajar en este programa preventivo serán los siguientes:




1. Estabilización de la articulación glenohumeral.
2. Flexibilidad de los músculos de la cintura escapular.
3. Fuerza compensatoria en los rotadores externos.
4. Propiocepción de la articulación glenohumeral.
5. Control motor y entrenamiento pliométrico.

Estabilización estática de la art. glenohumeral		
Bottum UP	3 X15	
TGU (Turkish Get Up)	3 X15	
Windmill	3 X15	
<p>OBSERVACIONES: Los movimientos deben ser lentos y controlados, tratando de que el peso permanezca alineado entre hombro, cadera y rodilla.</p>		

Estabilización Dinámica de la art. Glenohumeral		
Flexión sobre plataforma inestable BOSU	3 X15	
Flexión en plataforma inestable anillas/ TRX	3 X15	
Press banca inestable con Kettlebell	3 X15	
<p>OBSERVACIONES: Se trata de realizar los ejercicios lentamente, con un tiempo bajo tensión de 2-1-2, con el proposito de que los movimientos esten controlados.</p>		

Fuerza compensatoria de los rotadores externos		
Band Pull apart	3 X15	
Rotación externa horizontal desde bipedestación	3 X15	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Vista desde arriba</p>  </div> <div>  </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">© Healthwise, Incorporated</p>
Rotación externa desde posición de sentado	3 X15	
YTWL	3 X15	

Flexibilidad de los músculos de la cintura escapular		
Pectoral menor en pared	3 X30"	 A photograph of a man from the back, standing with his right arm raised and hand flat against a wall, performing a stretch for the pectoralis minor muscle.
Sleeper stretch shoulder (Deltoides posterior)	3 X30"	 A photograph of a man lying on his side on a green mat, with his head on a rolled-up mat and his right arm bent at the elbow, resting his hand on his shoulder to stretch the posterior deltoid.
Movilidad del torax	3 X15	 A composite of three photographs showing a woman performing thoracic mobility exercises. She is lying on her back on a blue foam roller, with her knees bent and feet flat on the floor. The top-left photo shows her with arms extended to the sides. The top-right photo shows her with one arm raised. The bottom photo shows her with one arm raised and the other bent at the elbow.

Ejercicios de Propiocepción art. glenohumeral		
Circunducción de hombro en fitball	3 X 30"	
Mantener la posición con el puño cerrado	3 X 30"	
Desestabilización en plancha sobre fitball brazos estirados	3 X 30"	
<p>OBSERVACIÓN: Es importante que el deportista tome conciencia de los movimientos que realiza y de las sensaciones que experimenta. En función del nivel , realizaremos una progresión de plataformas, de estables a inestables . Asimismo, para aumentar la dificultad y por tanto la intensidad de los ejercicios, podemos cerrar los ojos, taparnos los oídos o incorporar fuerzas externas (gomas, balones...).</p>		

Control motor Cintura Escapular		
Movilidad de la escápula	3X15	 <p>Diagramas que muestran los movimientos de la escápula: Elevación, Depresión, Aducción/Retracción, Abducción/Protracción, Cambeo externo y Cambeo interno.</p>
Pliometría miembro superior		
Lanzamientos en reverso.	3X15	 <p>Fotografía de un jugador realizando lanzamientos en reverso.</p>
Lanzar y coger contra la pared	3X15	 <p>Fotografía de un jugador lanzando y cogiendo una pelota contra la pared.</p>
SLER: Side-lying external rotation ball flips	3X15	 <p>Fotografía de un jugador realizando SLER (Side-lying external rotation ball flips).</p>

6. CONCLUSIÓN

El balonmano es un deporte en el que el hombro está sometido a grandes y repetidas situaciones de estrés dando lugar a que se produzcan una serie de adaptaciones que originan desequilibrios en el rango de movimiento y la fuerza, modificando la cinemática del hombro.

De este modo, es importante que los jugadores sean valorados de forma periódica con el objetivo de saber cuál es su evolución y cuál es su perfil individual del hombro. De esta forma, el cuerpo técnico podrá conocer cuáles son las debilidades y fortalezas del jugador, así como los posibles desequilibrios que pueda poseer, pudiendo elaborar programas de prevención de lesiones individualizados en función de las características del deportista, no solo mejorando el rendimiento deportivo sino también reduciendo la probabilidad de lesión.

7. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo me ha permitido conocer y aplicar una metodología de campo cuyos datos son realmente útiles en la práctica deportiva de cualquier deporte que involucre acciones por encima de la cabeza. Además, los datos que aporta pueden ser utilizados en la prescripción individualizada del entrenamiento o como método de monitorización del rendimiento.

Respecto al trabajo final de máster, creo que es un trabajo completo, en donde he tratado de sintetizar al máximo la literatura existente y donde además he tratado de proponer un programa de acuerdo a una serie de contenidos y fundamentos. Asimismo, creo que esta área de intervención es un campo de trabajo todavía sin explotar, tanto desde el punto de vista de la investigación y de la publicación científica como del campo práctico y profesional, ya que se trata de una metodología novedosa y realmente útil.

En definitiva, he tratado de aplicar los conocimientos adquiridos durante este año en un campo profesional real, al mismo tiempo que he tratado de sintetizar los conocimientos existentes en esta área de conocimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aasheim, C., Stavenes, H., Andersson, S. H., Engbretsen, L., y Clarsen, B. (2018). Prevalence and burden of overuse injuries in elite junior handball. *BMJ open sport & exercise medicine*, 4(1), 1-5.

Achenbach, L., Laver, L., Walter, S. S., Zeman, F., Kuhr, M., y Krutsch, W. (2019). Decreased external rotation strength is a risk factor for overuse shoulder injury in youth elite handball athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1-10.

Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I.J., y 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*, 12(48), 729-744.

Aldridge, R., Guffey, J. S., Whitehead, M. T., y Head, P. (2012). The effects of a daily stretching protocol on passive glenohumeral internal rotation in overhead throwing collegiate athletes. *International journal of sports physical therapy*, 7(4), 365- 371.

Almeida, G. P. L., Silveira, P. F., Rosseto, N. P., Barbosa, G., Ejnisman, B., y Cohen, M. (2013). Glenohumeral range of motion in handball players with and without throwing-related shoulder pain. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(5), 602-607.

Andersson, S. H., Bahr, R., Clarsen, B., y Myklebust, G. (2017). Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: a cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(14), 1073-1080.

Andersson, S. H., Bahr, R., Clarsen, B., y Myklebust, G. (2018). Risk factors for overuse shoulder injuries in a mixed-sex cohort of 329 elite handball players: previous findings could not be confirmed. *British Journal of Sports Medicine*, 52(18), 1191-1198.

Borsa, P. A., Laudner, K. G., y Sauers, E. L. (2008). Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete. *Sports medicine*, 38(1), 17-36.

Braun, S., Kokmeyer, D., y Millett, P. J. (2009). Shoulder injuries in the throwing athlete. *The journal of bone & joint surgery*, 91(4), 966-978.

Buchheit, M., Lepretre, P. M., Behaegel, A. L., Millet, G. P., Cuvelier, G., y Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 399-405.

Burkhart, S. S., Morgan, C. D., y Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 19(4), 404-420.

Byram, I. R., Bushnell, B. D., Dugger, K., Charron, K., Harrell Jr, F. E., y Noonan, T. J. (2010). Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: identifying players at risk for injury. *The American journal of sports medicine*, 38(7), 1375-1382.

Clarsen, B., Bahr, R., Andersson, S. H., Munk, R., y Myklebust, G. (2014). Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male handball players: a prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 48(17), 1327-1333.

Cools, A. M., De Wilde, L., Van Tongel, A., Ceysens, C., Ryckewaert, R., y Cambier, D. C. (2014). Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion: comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23(10), 1454-1461.

Cools, A. M., Palmans, T., y Johansson, F. R. (2014). Age-related, sport-specific adaptations of the shoulder girdle in elite adolescent tennis players. *Journal of athletic training*, 49(5), 647-653.

Cools, A. M., Vanderstukken, F., Vereecken, F., Duprez, M., Heyman, K., Goethals, N., y Johansson, F. (2016). Eccentric and isometric shoulder rotator cuff strength testing using a hand-held dynamometer: reference values for overhead athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(12), 3838-3847.

Edouard, P., Degache, F., Beguin, L., Samozino, P., Gresta, G., Fayolle-Minon, I., ... y Calmels, P. (2011). Rotator cuff strength in recurrent anterior shoulder instability. *The journal of bone & joint surgery*, 93(8), 759-765.

Edouard, P., Degache, F., Oullion, R., Plessis, J. Y., Gleizes-Cervera, S., y Calmels, P. (2013). Shoulder strength imbalances as injury risk in handball. *International Journal of Sports Medicine*, 34(7), 654-660.

Fairall, R. R., Cabell, L., Boergers, R. J., y Battaglia, F. (2017). Acute effects of self-myofascial release and stretching in overhead athletes with GIRD. *Journal of bodywork and movement therapies*, 21(3), 648-652.

Fleisig, G. S., Andrews, J. R., Dillman, C. J., y Escamilla, R. F. (1995). Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *The American journal of sports medicine*, 23(2), 233-239.

Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., e Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International journal of sports medicine*, 26(3), 225-232.

Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., e Ibañez, J. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 485-493.

Hernández, M. L. (1998). Análisis praxiológico de la estructura funcional del balonmano. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 12(1), 19-27.

Horsley, I., y Ashworth, B. (2016). The athletic shoulder. En D. Joyce y D. Lewindon (Eds.), *Sports injury prevention and rehabilitation. Integrating medicine and science for performance solutions* (pp. 259-273). New York: Routledge.

Ingebrigtsen, J., Jeffreys, I., y Rodahl, S. (2013). Physical characteristics and abilities of junior elite male and female handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 302-309.

Jobe, C. M. (1995). Posterior superior glenoid impingement: expanded spectrum. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 11(5), 530-536.

Johnson, J. E., Fullmer, J. A., Nielsen, C. M., Johnson, J. K., y Moorman III, C. T. (2018). Glenohumeral internal rotation deficit and injuries: A systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(5), 1-10.

Kibler, W. B., Kuhn, J. E., Wilk, K., Sciascia, A., Moore, S., Laudner, K., ... y Uhl, T. (2013). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology—10-year update. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 29(1), 141-161.

Kibler, W. B., Sciascia, A., y Moore, S. (2012). An acute throwing episode decreases shoulder internal rotation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 470(6), 1545-1551.

Landreau, P., Zumstein, M.A, Lublatowski, P., y Laver, L. (2018). Shoulder injuries in Handball. En L. Laver, P. Landreau, R.Seil, N. Popovic (Eds.), *Handball Sports Medicine: Basic science, injury management and return to sport* (pp.177-195). Berlin: Springer.

Marques, M. C., Van Den Tillaar, R., Vescovi, J. D. y González-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 2(4), 414-422.

Marques, M. C., y González-Badillo, J. J. (2006). In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *Journal of strength and conditioning research*, 20(3), 563.

Michalsik, L. B., y Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(9), 878-891.

Myers, J. B., Laudner, K. G., Pasquale, M. R., Bradley, J. P., y Lephart, S. M. (2006). Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers

with pathologic internal impingement. *The American journal of sports medicine*, 34(3), 385-391.

Nikolaidis, P. T., e Ingebrigtsen, J. (2013). Physical and physiological characteristics of elite male handball players from teams with a different ranking. *Journal of human kinetics*, 38, 115-124.

Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., y González-Badillo, J. J. (2018). Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(6), 1778-1786.

Philippe Landreau, Matthias A. Zumstein, Przemyslaw Lubiatowski, y Lior Laver Laver, L., Landreau, P., Seil, R., y Popovic, N. (Eds.). (2018). *Handball Sports Medicine: Basic Science, Injury Management and Return to Sport*. Springer.

Pieper, H. G., y Muschol, M. (2014). The throwing and overhead athlete's shoulder. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30, 19-24.

Riemann, B. L., Davies, G. J., Ludwig, L., y Gardenhour, H. (2010). Hand-held dynamometer testing of the internal and external rotator musculature based on selected positions to establish normative data and unilateral ratios. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 19(8), 1175-1183.

Schrama, P. P., Stenneberg, M. S., Lucas, C., y Van Trijffel, E. (2014). Intraexaminer reliability of hand-held dynamometry in the upper extremity: a systematic review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(12), 2444-2469.

Sethi, P. M., Tibone, J. E., y Lee, T. Q. (2004). Quantitative assessment of glenohumeral translation in baseball players: a comparison of pitchers versus nonpitching athletes. *The American journal of sports medicine*, 32(7), 1711-1715.

Shanley, E., Kissenberth, M. J., Thigpen, C. A., Bailey, L. B., Hawkins, R. J., Michener, L. A., ... & Rauh, M. J. (2015). Preseason shoulder range of motion screening as a predictor of injury among youth and adolescent baseball pitchers. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 24(7), 1005-1013.

Thomas, S. J., Higginson, J. S., Kaminski, T. W., Swanik, K. A., Bartolozzi, A. R., Abboud, J. A., y Nazarian, L. N. (2011). A bilateral comparison of posterior capsule thickness and its correlation with glenohumeral range of motion and scapular upward rotation in collegiate baseball players. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 20(5), 708-716.

Trakis, J. E., McHugh, M. P., Caracciolo, P. A., Busciacco, L., Mullaney, M., y Nicholas, S. J. (2008). Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain: implications for injury prevention. *The American journal of sports medicine*, 36(11), 2173-2178.

Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Lee, S. J., Mullaney, M., y McHugh, M. P. (2010). Correction of posterior shoulder tightness is associated with symptom resolution in patients with internal impingement. *The American journal of sports medicine*, 38(1), 114-119.

Van Den Tillaar, R., y Cabri, J. M. (2012). Gender differences in the kinematics and ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 30(8), 807-813.

Vogler, T., Schorn, D., Gosheger, G., Kurpiers, N., Schneider, K., Rickert, C., ... y Liem, D. (2019). Adaptive Changes on the Dominant Shoulder of Collegiate Handball Players—A Comparative Study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 701-707.

Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., Von Duvillard, S. P., y Müller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2794-2801.

Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S. P., y Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human movement science*, 31(1), 78-90.

Wilk, K. E., Macrina, L. C., Fleisig, G. S., Porterfield, R., Simpson, C. D., Harker, P., ... y 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*, 39(2), 329-335.

Ziv, G., y Lidor, R. (2009). Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: A review. *European Journal of Sport Science*, 9(6), 375-386.