



UNIVERSIDAD FINIS TERRAE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE CONTROL ESCAPULAR,  
BALANCE MUSCULAR Y MOVILIDAD DE HOMBRO CON  
RESPECTO A LA APARICIÓN DE LESIONES DE ORIGEN NO  
TRAUMÁTICO EN HANDBOLISTAS MUJERES.**

JOSÉ BASTIAN GATICA SOTO  
MATÍAS JESÚS GUZMÁN MELLA  
NICOLAS ALEXIS PINTO CATALAN

Tesis para ser presentada en la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis  
Terrae para optar al título de Kinesiólogo.

Profesor Guía: Klgo. Rodolfo Hidalgo Navarrete

Santiago, Chile

2017

---

Klgo. Gonzalo Niño G.

---

Klgo. Felipe Fernández A.

---

Dr. Luis Peñailillo

---

Klgo. Rodolfo Hidalgo N.

## **DEDICATORIA**

A cada una de nuestras familias por estar con nosotros, apoyarnos y darnos las herramientas para seguir adelante y poder concluir este largo proceso de enseñanza de pregrado. A nuestros profesores por su paciencia, enseñanzas y dedicación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Escuela de Kinesiología y al Gimnasio de Kinesiología y Musculación de la Universidad Finis Terrae por facilitarnos los implementos necesarios para realizar las mediciones.

A nuestro docente guía, Klgo. Rodolfo Hidalgo, por ayudarnos siempre que lo necesitamos y aclarar nuestras interrogantes de investigación.

Al Klgo. Gonzalo Niño, por aclararnos dudas e impulsarnos a seguir con el proyecto.

Al cuerpo médico y jugadoras del Club Prag Leonas, por la excelente disposición frente a nuestra intervención en el equipo y por su compromiso al momento de realizar las mediciones para llevar acabo nuestra investigación.

## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ABREVIATURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
MARCO TEÓRICO .....	3
1. Epidemiología.....	3
2. Factores de riesgo.....	4
3. Mecánica de lanzamiento.....	15
4. Lesiones deportivas .....	22
5. Lesiones de hombro más comunes en el balonmano .....	23
PROBLEMA DEL ESTUDIO .....	24
6.1 Pregunta de investigación .....	25
6.2 Objetivo general .....	25
6.4 Hipótesis de trabajo.....	26
6.5 Hipótesis nula.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
7.1 Tipo de estudio.....	27
7.2 Muestra del estudio .....	27
7.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	27
7.4 Metodología de la investigación.....	28
7.4.1 Protocolo de evaluación control escapular.....	29
7.4.2 Protocolo de evaluación de movilidad de hombro .....	29
7.4.3 Protocolo de evaluación fuerza/balance de rotadores de hombro .....	30
VARIABLES DE ESTUDIO .....	33
8.1 Variables dependientes .....	33
8.1.1 Lesiones de origen no traumático en la articulación de hombro:.....	33
8.2 Variables independientes.....	34
8.2.1 Control escapular: .....	34
8.2.2 Movilidad de hombro: .....	34

8.2.3 Balance muscular: .....	35
9. Análisis estadístico .....	36
RESULTADOS .....	37
Figura 1. Comparación del promedio de toques en el CKCUEST entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.....	38
Figura 2. Relación Back Scratch Test extremidad superior derecha normal y alterado con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres. ....	39
Figura 3. Relación Back Scratch Test extremidad superior izquierda normal y alterado con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres. ....	40
Figura 4. Comparación del promedio del balance muscular de RE/RI de hombro entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.....	41
Figura 5. Comparación del promedio de tiempo de entrenamiento entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.....	42
Figura 6. Comparación del promedio de tiempo de competencia entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.....	42
Figura 7. Comparación del promedio de tiempo total de actividad entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.....	43
DISCUSION.....	44
CONCLUSION.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54
ANEXOS .....	60

## RESUMEN

El objetivo del estudio es determinar la relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres pertenecientes al Club Prag-Leonas.

Se evaluó la movilidad de hombro a través del Back Scratch Test (BST), se utilizó el CKCUEST para evaluar control escapular, y el balance de RI/RE de hombro fue medido mediante la estimación con la fórmula de Bryzcki. Los resultados de cada medición fueron clasificados en buenos y malos, según los parámetros indicados por la bibliografía como normalidad.

A 25 jugadoras se les realizó un seguimiento durante 8 semanas, donde 6 jugadoras presentaron lesión de hombro. Los resultados obtenidos de cada prueba en relación a la aparición de lesiones no traumáticas en el hombro fueron BST derecho  $p=0,1048$ , BST izquierdo  $p=0,1978$ , CKCUEST  $p=0,0182$ , balance de RI/RE de hombro  $p=0,0001$ , tomando en cuenta un  $\alpha=0,05$ .

No existe relación entre las variables medidas y la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres. La única variable que no obtuvo resultados significativos fue la de movilidad de hombro, por lo que podemos deducir que no es un factor predisponente de lesión, a diferencia del balance muscular RI/RE de hombro y del control escapular que presentaron resultados significativos, por lo que podrían ser factores predisponentes en relación a la aparición de lesiones de origen no traumática en el hombro.

Palabras Claves: Hombro, glenohumeral, balance muscular, movilidad, control escapular, rotadores internos, rotadores externos, CKCUEST.

## ABSTRACT

The aim of the study was to determine the relationship between the variables of scapular control, muscle balance and shoulder mobility with the appearance of non-traumatic injuries in female handball players belonging to the Prag-Leonas Club.

Shoulder mobility was evaluated through the Back Scratch Test (BST), CKCUEST was used to assess scapular control, and the IR/ER shoulder balance was measured by Bryzcki's estimation. The results of each measurement were classified as good and bad, according to the parameters indicated by the bibliography as normal.

Twenty-five players were followed up for 8 weeks, where six players had a shoulder injury. The results obtained from each test in relation to the appearance of non-traumatic lesions on the shoulder were right BST  $p = 0.1048$ , left BST  $p = 0.1788$ , CKCUEST  $p = 0.0182$ , IR/ER shoulder balance  $p = 0.0001$ , taking into account an  $\alpha = 0.05$ .

There is no relationship between the variables measured and the appearance of injuries of non-traumatic origin in female handball players. The only variable that did not obtain significant results was the one of shoulder mobility, reason why we can deduce that it is not a predisposing factor of injury, unlike the muscular balance IR/ER of shoulder and the scapular control that presented significant results, reason why which could be predisposing factors in relation to the appearance of lesions of non-traumatic origin in the shoulder.

Key words: Shoulder, glenohumeral, muscle balance, mobility, scapular control, internal rotators, external rotators, CKCUEST.

## **ABREVIATURAS**

GH: Glenohumeral

RM: Repetición Máxima

FR: Factores de Riesgo

RI: Rotadores Internos

RE: Rotadores Externos

Rint: Rotación Interna

Rext: Rotación Externa

MMSS: Miembros Superiores

MMII: Miembros Inferiores

RPM: Revoluciones por Minuto

GIRD: Glenohumeral internal rotation decrease. (Disminución de la rotación interna glenohumeral).

SLAP: Superior Labrum from Anterior to Posterior

EMG: Electromiografía

N/m: Newton/metros

CKCUEST: Close Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test.

BST: Back Scratch Test.

## INTRODUCCIÓN

En 1972 es incluido de manera definitiva el balonmano como deporte olímpico. Así mismo, cuatro años más tarde, en Montreal, fue introducido el balonmano femenino (Caine, 2010). Jugado por 7 deportistas por equipo durante 60 minutos (con 2 tiempos de 30 minutos cada uno, además de 15 minutos de descanso entre cada mitad) (Michalsik, Madsen & Aagaard, 2015). Caracterizado por un alto ritmo de juego, una gran cantidad de pases y tiros al arco, contacto frecuente y, por ende, repetidas colisiones entre jugadores. (Bere, et al., 2015).

Es un deporte que lleva muchos años practicándose en el mundo y que ha mantenido un constante desarrollo sobre todo en los últimos años. La federación internacional de balonmano tiene en sus registros a más de 120 países asociados, con más de 12 millones de jugadores registrados en todo el mundo (Almeida, et al., 2013). Empleado tanto como para hombres como para mujeres y en diferentes grupos etarios, el balonmano ha sufrido un incremento considerable en la realización de su práctica, donde no sólo el tipo de jugador ha ido creciendo tanto en sus cualidades físicas y técnicas, sino que también la frecuencia e intensidad de entrenamiento también ha ido en alza, contribuyendo a incrementar las exigencias físicas de este deporte, y por consecuencia, generando que el juego se vuelva aún más rápido e intenso (Michalsik, et al., 2015). Esto sumado a las rigurosas cualidades y movimientos propios del balonmano hacen a estos deportistas frecuentemente propensos a sufrir lesiones de diversas características (Fuentes, 2014). Tanto es así, que el balonmano es uno de los deportes olímpicos con mayor riesgo de lesión (Bere, et al., 2015). Se caracteriza por ser excesivamente traumático, y de hecho, sus lesiones más frecuentes son debido a las numerosas colisiones de contacto corporal entre jugadores. También están las lesiones por uso excesivo, pero éstas últimas se dan en menor medida en comparación con las traumáticas (Edouard, et al., 2013). Las articulaciones que más frecuentemente se afectan por lesiones agudas o traumáticas son la rodilla y el tobillo, mientras que, los problemas afectados principalmente por uso excesivo

se dan en hombro, rodilla y pierna (Bere, et al., 2015). Es más, Seil y colaboradores identificaron al hombro como el sitio más común para lesiones de sobreuso. (Laver & Myklebustc, 2014).

Dentro de estas lesiones, se han logrado identificar diversas alteraciones que pueden aparecer debido a los cambios adaptativos que sufre el hombro y que son propios del deporte. Éstas incluyen perturbaciones de rango de movimiento, de desequilibrio muscular y de control escapular. Sin embargo, no se han establecido como un factor claro en la aparición de lesiones en esta articulación. (Tonin, 2013). Debido a lo anteriormente mencionado, y sumado a la alta incidencia de lesiones, a que la evidencia que existe sobre este tópico es principalmente en el género masculino y en las ligas europeas profesionales, además de la poca claridad en relación a los factores de riesgos (FR) que influyen en la aparición de lesiones por uso excesivo en jugadores de balonmano, se genera la necesidad de identificar cuáles son las variables que inciden en la aparición de este tipo de lesiones. De ahí nace nuestra intención de esclarecer este punto de vista, poder sugerir mejorar estas variables, y así intentar disminuir la incidencia de lesiones, realizándolo en una muestra distinta, de población nacional, de sexo femenino, y en handbolistas amateur.

## MARCO TEÓRICO

### 1. Epidemiología

Medalla de plata, este es el premio que obtendría el balonmano si es que hiciéramos una competencia ficticia entre los deportes olímpicos con mayor incidencia de lesiones. Superado levemente por los deportes practicados en motocicletas, deportes de nieve, y dejando en el último lugar del podio, al patinaje (Åman, et al., 2015). Tanto es así, que en Alemania el balonmano presenta una de las tasas de riesgo de lesiones más altas entre los diferentes deportes que se practican en ese país (Fieseler, et al., 2015). El balonmano se caracteriza por un gran número de lanzamientos, por un frecuente contacto personal, exigiendo a confrontaciones uno a uno entre los jugadores, donde el contacto físico es inminente, y sumado a los constantes cambios de dirección y técnicas para evadir las marcas de los jugadores rivales, lo hacen un deporte muy complejo por la coordinación de miembros inferiores (MMII) con los miembros superiores (MMSS) (Laver & Myklebustc, 2014). Un meta-análisis realizado por Koren en 2010 observó que las lesiones de los MMSS representan el 20% de todas las lesiones del balonmano de acuerdo a los estudios de Langevoort et al. Un porcentaje de un 35% se informó en el estudio de Leidinger et al., mientras que fue del 38% en la liga regional en otro estudio elaborado por Seil et al. Dentro de estas injurias, las de hombro, mano y dedos son las más comunes, y las últimas mencionadas tienden a presentarse más en jugadores juveniles (Caine, 2010).

Ahora bien, estas estadísticas de lesiones han cambiado con los años, de hecho, si se compara con un estudio realizado en 1994 por Svensson, se ha producido un aumento del 40% en la incidencia de lesiones. Si bien se desconoce la causa exacta, se piensa que se puede deber a los diversos cambios que pudieron haber sufrido las características de este deporte en el transcurso de un

poco más de dos décadas, sin mencionar que el nivel de competencia de los deportistas también ha ido en alza.

Habría que comenzar a analizar el porqué de esta alza en la incidencia de lesiones. Uno de los factores que sin duda interfiere, es la gran demanda física que exige este deporte. Sin ir más lejos, como promedio se realizan más de 45.000 lanzamientos por jugador durante una temporada, pudiendo alcanzar una velocidad máxima de lanzamiento de 130 km/h. Así mismo, las fuerzas que se ejercen sobre el hombro lanzador durante el movimiento pueden llegar a ser el 150% del peso corporal (Fieseler, et al., 2015).

Otro factor que podría afectar en el aumento de lesiones es la edad de las mujeres, ya que se encuentra una mayor incidencia en aquellas edades entre 15 y 25 años, en las cuales es más frecuente la práctica del ejercicio físico y especialmente el deporte de competición (Moreno, Rodríguez & Seco, 2008). Vlak & Pivalica en 2004, determinaron que el porcentaje de jugadoras lesionadas en relación al tiempo de exposición, era de 4,6 lesiones por 1.000 de horas de entrenamiento y 11.4 lesiones por 1.000 horas de juego. Se demostró también, que los MMSS estaban expuestos a lesiones en el 41% de los casos (Vlak & Pivalica, 2004).

## **2. Factores de riesgo**

Existen variados elementos predisponentes de lesiones, ya sean intrínsecos o extrínsecos, y la combinación de estos podría aumentar la vulnerabilidad para sufrirlas. El estado de salud del deportista y la determinación de la capacidad física, las lesiones anteriores y su recuperación inadecuada suponen el factor intrínseco más importante. La edad y el sexo del deportista son también puntos relevantes, siendo las mujeres más susceptibles a padecer lesiones que los hombres (Caine, 2010).

En lo que respecta al sexo del deportista, cuando se tiene en cuenta la relación entre el sexo de los participantes y el número de lesiones, el riesgo de padecer una lesión deportiva es mayor en las mujeres. Esto se debe principalmente a factores hormonales, ya que las lesiones son aún más frecuentes durante el periodo del ciclo menstrual (Moreno, Rodríguez & Seco, 2008).

En relación a la práctica del balonmano en sí, uno de los jugadores que más trabajo le toca, dentro de las distintas posiciones, es el pivote, el cual ha demostrado tener una mayor incidencia en la presencia de lesiones en comparación con los demás puestos (central, lateral, extremo, portero) (Caine, 2010). Una posible explicación de esta tendencia podría ser que la mayoría de los movimientos de balón durante la ofensiva son realizados por estos jugadores que, en el afán de cumplir esta función deben realizar repetidamente tiros en suspensión por sobre la cabeza y sus consiguientes caídas. Además de los constantes choques, bloqueos y contusiones que sufren al contactar con los rivales. A pesar de esto, otros estudios han indicado que la posición de extremo es la que más incidencia tiene en la aparición de lesiones. Y esto se atribuye principalmente a la mayor variación en los patrones de movimientos que deben emplear durante el juego. La ejecución de fintas, frecuentes saltos, lanzamientos, caídas y choques generan un mayor estrés en comparación con los demás puestos (Laver & Myklebustc, 2014). Esta información es coincidente con la gravedad de las lesiones sufridas por los jugadores. Dado que, tanto los laterales como los porteros tienden a presentar lesiones proporcionalmente más leves en comparación con los extremos y pivotes. (Laver & Myklebustc, 2014).

Otro significativo punto a tomar en cuenta, es que la tasa de lesiones aumenta considerablemente en el momento de la competencia en relación a los entrenamientos, como se mencionó anteriormente en la parte de epidemiología. Esto se podría explicar por el factor intensidad, que se le da a la competencia en el momento de jugar por los puntos. Intensidad que aumenta entre más grande sea la competencia como, por ejemplo, en los Mundiales de la disciplina o en los

mismos Juegos Olímpicos, circunstancias que muestran la mayor tasa de lesiones durante la competencia (Caine, 2010).

Los aspectos anatómicos también toman importancia, como son las, desalineaciones articulares, alteraciones posturales, laxitud o inestabilidad articular, rigidez y acortamientos musculares. Éstos suponen los factores típicamente individuales que más hay que tener en cuenta junto con los grados de cada una de las cualidades físico-motrices (fuerza, resistencia, flexibilidad y coordinación) (Fuentes, 2014).

Igual o mayormente importantes, son los factores biomecánicos, que tienen una alta relevancia en la producción de lesiones de hombro en este deporte. Están, por ejemplo, las alteraciones de fuerza y, en consecuencia, los desequilibrios musculares. También están las alteraciones del control escapular y las alteraciones de la movilidad de hombro (Picha, 2016).

A continuación, profundizamos en cada una de estas variables y su posible implicancia en la aparición de lesiones:

## **2.1 Fuerza y Balance muscular de Rotadores Internos (RI) y Rotadores Externos (RE) de hombro.**

Los músculos RI y RE actúan como estabilizadores dinámicos de la articulación GH, y son un componente importante a considerar en la cinemática del lanzamiento por encima de la cabeza, ya que, para lograr una mayor velocidad del balón y efectividad de lanzamiento durante el juego, se necesita de un aumento de la fuerza de los músculos rotadores, especialmente de los RI. (Genevois, et al., 2014). De hecho, estos últimos durante la fase de aceleración del lanzamiento se contraen concéntricamente, mientras que los RE lo hacen concéntricamente durante la fase de elevación y excéntricamente durante la fase de desaceleración. Dando pie así, a exageradas cargas que se aplican repetidamente sobre la

articulación del hombro, lo que generará que la fuerza de los músculos RI aumente mientras que la fuerza muscular de RE no aumente proporcionalmente (Genevois, et al., 2014).

Es por esto que se sugiere un equilibrio óptimo entre los músculos de RI y RE con el fin de mantener la estabilidad de la articulación GH y mantener con eficacia una posición central de la cabeza humeral (Edouard, et al., 2012). Esto podría explicar, porqué el desbalance de los músculos rotadores externos del manguito rotador activados excéntricamente, frente a los músculos rotadores internos del manguito rotador activados concéntricamente puede ser considerado un FR para lesiones en la articulación GH (Niederbracht, et al., 2008).

Estas fuerzas de RI y RE, según estudios previos, han desarrollado diferentes adaptaciones, presentando un mayor peak de torque concéntrico de Rint y Rext, y también mayor peak de torque excéntrico de Rint para el hombro dominante. Las relaciones de torque muscular excéntrico de antagonista/agonista concéntrico son diferentes entre los hombros dominantes y no dominantes de handbolistas (Yildiz, et al., 2006).

Existen diferentes métodos de valoración de la fuerza muscular, entre los cuales, los más utilizados son aquellos que usan pesos libres o máquinas de fuerza, los que utilizan el propio cuerpo del sujeto, con o sin pesos libres, y los que utilizan el dinamómetro (Wollner, 2009).

Los métodos que utilizan pesos libres o máquinas de fuerza tienen como máximo referente el test de 1RM y es en la actualidad la metodología más utilizada para determinar la carga máxima (Wollner, 2009). En líneas generales, se puede decir que el test consiste en hallar la carga máxima que el sujeto puede vencer mediante una acción muscular concéntrica en un ejercicio determinado (Naclerio, 2011). Sin embargo, existen otras alternativas al test de 1RM que utilizan cargas submáximas y fórmulas matemáticas para determinar las cargas máximas orientativas que se pueden vencer en cada ejercicio (Wollner, 2009). Variables son

las formulas estimativas para poder medir de manera confiable 1RM como por ejemplo las que se proponen en el Anexo 1.

Según resultados de estudios los coeficientes de correlación entre la fuerza máxima alcanzada y la estimada con cada ecuación fueron altos ( $r > 0,95$ ). Y en cuanto a la fórmula de Bryzcki (1993) se señala que es mejor para la estimación de 1RM en menos de 10 repeticiones (Jiménez & De paz; 2008).

Previo a la realización de una evaluación de 1RM, se indica que se debe realizar un calentamiento entre 3 a 5 minutos, que involucre la musculatura que será evaluada, para luego realizar elongaciones estáticas de estos músculos, finalmente el sujeto evaluado deberá realizar 8 repeticiones con 50% 1RM y luego 3 repeticiones con el 70% 1RM. Estas cargas serán estimadas a partir del número de repeticiones realizadas con el peso dado. Posterior a esto se deben realizar repeticiones individuales con cargas cada vez más pesadas hasta el fallo, se recomienda un mínimo de 2 intentos con aumento de cargas hasta un máximo de 5 intentos (Niewiadomski, et al., 2008).

Los desequilibrios de fuerza entre la musculatura anterior y posterior de la articulación de hombro, pueden comprometer la estabilidad y el correcto funcionamiento de la articulación, generando así, una mayor vulnerabilidad para sufrir distintas lesiones. (Kibler & Thomas, 2012; Picha, 2016).

Con el fin de explicar de mejor manera este punto, en un estudio en 2003, Noffal propuso que un posible mecanismo que podría conducir a lesiones en el hombro era un desequilibrio entre la fuerza excéntrica y concéntrica de los músculos del manguito rotador. Los músculos RI del manguito rotador actúan concéntricamente durante la fase de aceleración del tiro y los músculos externos del manguito rotador actúan de forma excéntrica durante la fase de desaceleración. Dado que los músculos RE tienen la doble tarea de desacelerar el brazo y, al mismo tiempo, mantener la estabilización dinámica de la articulación GH, existirá un déficit en la

fuerza de RI en relación a externos, lo que explicaría la aparición de lesiones en la articulación de hombro (Braun, 2009). Al respecto, Andrade asegura que desequilibrios en la relación de fuerza entre RE y RI son comunes porque la acción excéntrica de los músculos RE del hombro es mayor que la fuerza de los músculos RI. (Andrade, 2013).

En efecto, los componentes musculares del complejo del hombro ayudan a las restricciones estáticas a proporcionar la estabilidad de la articulación y a entregar energía para el movimiento. De tal forma que, la fuerza transmitida por el supraespinoso, infraespinoso, teres menor y subescapular, confieren estabilidad significativa a la articulación GH. La contracción de estos músculos centraliza la cabeza del húmero en la glenoide aumentando las fuerzas de "compresión de la concavidad", pero al observarse un desbalance entre estos músculos (RI/RE) hacen al sujeto más susceptible de padecer una lesión (Eckenrode, 2012). Asimismo, en el 2000, Caine et al, demostraron que el manguito posterior, particularmente el infraespinoso y teres menor, traccionan de la cabeza humeral posteriormente al contraerse, reduciendo por lo tanto el cizalle por anterior. El subescapular literalmente extrae la cabeza humeral anteriormente durante su contracción y, por lo tanto, proporciona una restricción significativa contra la traslación posterior del húmero. La contracción combinada del subescapular e infraespinoso forma una "cupla de fuerzas" y proporciona estabilidad en rangos medios de elevación durante el lanzamiento (Eckenrode, 2012). Debido a estas cuplas de fuerza y de sincronización de activación muscular, se puede explicar que una alteración en el balance muscular llevará a alteraciones patológicas en la articulación GH, ya que estas sinergias musculares se verán afectadas, sin que exista un episodio puntual gatillante de alguna lesión (Eckenrode, 2012).

Como se mencionó anteriormente, las fuerzas de compresión del manguito rotador estabilizan el húmero contra la glenoide, proporcionando así una estabilización dinámica de la articulación GH. La debilidad del infraespinoso reduce esta fuerza de compresión, promoviendo la inestabilidad. Esta inestabilidad puede llevar a un

impacto funcional, que en su fase más aguda cursa con bursitis subacromial. Cuando las fuerzas estabilizadoras dinámicas del manguito rotador se ven alteradas por desbalances musculares, la articulación GH tiene aumento significativo en la migración superior y anterior de la cabeza del húmero durante la elevación, lo que conduciría a una irritación de los componentes anteriores a la cabeza humeral e impacto de la misma. Las fuerzas de compresión hacia caudal del manguito rotador son necesarias para neutralizar las fuerzas hacia cefálico del deltoides. Sin la estabilización del manguito rotador, se ha observado en modelos cadavéricos que la cabeza humeral emigró 1,7 mm frente a 0,7 mm con la estabilización del manguito rotador a 60 ° de abducción, y 2,1 mm frente a 1,4 mm a 90 ° de abducción (Page, 2011).

Ahora bien, la patomecánica del impacto funcional puede involucrar a una o ambas parejas de fuerza del hombro: Deltoides / manguito rotador y rotadores escapulares. Sin embargo, debido a la falta de estudios prospectivos, los investigadores no han determinado si el desbalance muscular es un factor contribuyente de lesiones no traumáticas (Page, 2011).

Egret, en el año 2000 realizó mediciones isocinéticas del hombro en el movimiento de Rint y Rext para poder generar una relación con la aparición de lesiones no traumáticas. Han concluido que los valores medios del ratio agonista/antagonista de los músculos rotadores del hombro en sujetos sedentarios o en sujetos que practican actividad física sin que los MMSS sean las extremidades principales para la ejecución, están entre el 65% y el 70% para la extremidad dominante y el 70% y el 75% para la no dominante (Egret, 2000).

## **2.2 Control escapular**

Un control escapular alterado corresponde a otro factor asociado a la aparición de lesiones de hombro. De hecho, la alteración de los movimientos escapulares está

presente prácticamente en la totalidad de los lanzadores lesionados de hombro (Kibler, et al., 2012). Pues, la escápula juega un papel importante a nivel torácico en la fase de armado. Por lo cual los cambios en la posición escapular, tanto de manera dinámica como estática, juegan un papel crítico en los procesos patológicos en el hombro de los lanzadores (Kibler, et al., 2012). Sin embargo, la contribución del movimiento escapulotorácico al lanzamiento es actualmente una de las entidades menos estudiadas y entendidas en deportistas lanzadores (Braun, 2009).

Se ha podido delimitar el nivel ideal escapular: 15-30° hacia anterior del nivel coronal, se considera una escápula adelantada: Más de 30° hacia anterior y una escápula retraída: Menos de 15° hacia anterior (Matsen, 2006).

La función normal de los músculos serrato anterior, trapecio y romboide es necesaria para lograr el posicionamiento escapular óptimo. El mal posicionamiento escapular se debe a desequilibrios de los músculos periescapulares secundarios a fatiga, control neuromuscular o lesión nerviosa. Puede afectar negativamente la función del hombro de varias maneras. Por ejemplo, para que los atletas lleguen a los extremos del movimiento, la escápula debe girar en sentido contrario a las agujas del reloj (desde una perspectiva del plano sagital, en un brazo derecho), de modo que el acromion se eleve para evitar el choque. La escápula también debe retraerse apropiadamente para mantener la cavidad glenoidea centrada debajo del húmero, manteniendo la estabilidad. Si la escápula no se retrae apropiadamente, se produce una hiperangulación del húmero con relación a la glenoide, y se lleva a un estrés excesivo en la cara anterior de la cápsula (Braun, 2009). La pérdida de función muscular por lesión, debilidad, falta de control neuromuscular o fatiga conduce a esta hiperangulación GH y a un aumento relativo de la anteversión glenoidea, poniendo en riesgo las estructuras capsulares anteriores y a su vez estructuras periarticulares como la bursa subacromial (Braun, 2009).

Durante el lanzamiento se genera una cadena cinética, ésta hace referencia a la secuencia precisa y coordinada de todo el cuerpo que requiere el acto de lanzar el balón. (Kibler, et al., 2013). Por ejemplo, una alteración en los MMII o tronco, que proporcionan una base de apoyo y generan parte de la fuerza del lanzamiento, pueden provocar cambios en las demandas biomecánicas sobre el complejo articular del hombro y aumentar el riesgo de lesión. (Kibler, et al., 2013). En este sentido, es importante el rol de la escápula, cuya función es permitir el correcto movimiento del hombro y la correcta contracción de la musculatura que lo rodea, además de ser el eslabón que transfiere la fuerza desde los MMII y tronco hacia el brazo. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que ante un movimiento o posición escapular alterada se pueden generar más alteraciones aún, dentro de las cuales están: La disminución de las medidas lineales del espacio subacromial, disminución de la fuerza del manguito rotador, aumento de los síntomas de pinzamiento, incremento de la tensión en los ligamentos de la articulación GH por anterior y el aumento del riesgo de pinzamiento interno (Kibler, et al., 2013).

En consecuencia, en esta cinética del lanzamiento la escápula va a transferir la energía derivada de la rotación del tronco al brazo, lo que implica que ante una falta de control escapular ocurra una mecánica de lanzamiento ineficiente que conduzca a una disminución de la velocidad del balón. Con frecuencia, en un intento de compensar esta pérdida de velocidad del balón, el lanzador subconscientemente aumenta el esfuerzo de los músculos del hombro, lo que aumenta la tensión en el hombro y explicaría la cantidad de lesiones no traumáticas que se producen en deportes como el balonmano, beisbol, etc. (Braun, 2009).

De los músculos que se relacionan con la escápula, algunos actúan como rotadores escapulares, y otros se preocupan por el movimiento GH. Los principales rotadores ascendentes de la escápula son las fibras superior e inferior del trapecio y las digitaciones inferiores del serrato anterior. La mayoría de los autores coinciden en que la debilidad y falta de control neuromuscular en uno o

más rotadores escapulares puede causar desbalances musculares en las cuplas de fuerza alrededor de la escápula, lo que conduce a una falta de control escapular, lo que conlleva a una cinemática anormal del lanzamiento. (Cools et al, 2004). La disfunción escapulotorácica se observa a menudo en pacientes con problemas de hombro. En un estudio realizado por Cools et al., en 2004, se encontró que los deportistas con sobrecarga y síntomas agudos de pinzamiento presentaban un reclutamiento muscular anormal en el músculo trapecio. En efecto, se demostró que en respuesta a un movimiento súbito del brazo, el grupo de pacientes sintomático de pinzamiento subacromial mostró una activación del músculo significativamente más lenta en el trapecio medio e inferior (23.7 cm/s) en comparación con el grupo de control asintomático (19,5 cm/s) (Cools et al, 2004). Una idea actual es que la debilidad y falta de control de la musculatura escapular afectará el posicionamiento escapular normal. Se ha sugerido que el movimiento excesivo de la escápula puede aumentar el estrés en las estructuras capsulares GH y conducir a una mayor inestabilidad articular, lo que va de la mano con un aumento en la cantidad de lesiones no traumáticas (Cools et al, 2004). Además, el mal posicionamiento de la escápula para cualquier configuración dada del brazo también puede influir en el centro instantáneo de rotación del hombro, que puede alterar significativamente los momentos de generación de fuerza alrededor del hombro (Cools et al, 2004).

A pesar de que, como se ha mencionado anteriormente, existe una estrecha asociación entre las posiciones y movimientos anormales escapulares y lesión de la articulación GH; de que las alteraciones en la posición de reposo o movimiento dinámico de la escápula y cambios en el reclutamiento de la musculatura escapular, pueden afectar los diversos aspectos de la función normal del hombro (Buss, 2003); y de que, varios mecanismos potencialmente pueden contribuir a alteraciones en la cinemática escapular, incluyendo al dolor, rigidez de los tejidos blandos, activación muscular o desbalance de fuerza muscular, fatiga muscular y postura torácica. No está claro si las alteraciones encontradas en la cinemática

escapular son compensatorias o contribuye a patologías glenohumerales (Cools, et al., 2015).

### **2.3 Movilidad de hombro**

Otro factor asociado a la ocurrencia de lesiones por uso excesivo en el hombro son las alteraciones en la movilidad de esta articulación, las cuales pueden llevar a perturbar la biomecánica del movimiento de lanzamiento en esta disciplina deportiva. La alteración más frecuente en este sentido es el déficit en la Rint de la articulación de hombro, respecto al brazo no dominante (Kibler & Thomas, 2012). Esta articulación debe ser lo suficientemente laxa para permitir la Rext excesiva, pero lo suficientemente estable para evitar subluxaciones cabeza humeral, por lo que requiere un delicado equilibrio entre movilidad y estabilidad funcional (Clarsen, et al., 2014).

Con respecto a este punto, estudios han expresado un concepto fisiopatológico de por qué ocurre una disminución en la RI y un aumento de la RE, hablando de que se produce por una contractura en la cápsula por posterior y la parte postero-inferior del ligamento GH inferior, lo que permite un cambio en el centro de rotación de la cabeza del húmero hacia postero-superior limitando la RI y aumentando la RE. Es más, al observar la relación entre la tensión excesiva de la musculatura posterior de hombro con la disminución de la RI de los músculos deltoides posterior, infraespinoso, redondo menor y mayor, se advierte que la tensión excesiva del deltoides corresponde al 51% de esta limitación (Hung, Hsieh, Yang & Lin, 2010).

La disminución en la Rint GH (Glenohumeral Internal Rotation Decrease: GIRD), Burkhart, 2003, la define como una pérdida de Rint del hombro de lanzamiento de 20 ° o más en comparación con el hombro no lanzador, y puede ser una causa de lesiones específicas de hombro. Esta GIRD, aumenta el daño en las estructuras

de la misma articulación. Hay evidencia que la presencia de una GIRD es un FR para esta articulación independiente de su mecanismo patológico, porque aumenta el impacto de la articulación en su parte postero-superior, limitando la funcionalidad normal de la GH (Fieseler, et al., 2015).

### **3. Mecánica de lanzamiento**

El movimiento de lanzamiento por sobre la cabeza que realizan constantemente deportistas de balonmano es un movimiento altamente cualificado realizado en muy alta velocidad, lo que requiere flexibilidad, fuerza muscular, coordinación, sincronización, y control neuromuscular (Wilk, et al., 2009).

Desde un punto de vista mecánico, el objetivo del movimiento es desarrollar gradualmente la energía potencial, que se transforma entonces en energía cinética, lo cual ocurre en la cadena cinética del lanzamiento (Kaczmarek, et al., 2014).

Se ha identificado que pueden ser múltiples los factores que alteren la funcionalidad de la articulación GH, destacándose un fallo estructural o muscular, fatiga muscular, debilidad y desbalance muscular, además alteraciones en la mecánica de lanzamiento, y/o la estabilidad estática alterada (Reinold, et al., 2010).

La mecánica de lanzamiento se puede dividir en fases, en la cual cada una de estas tiene una biomecánica determinada, para que en conjunto se realice el gesto deportivo de lanzar. Dentro de las fases del lanzamiento se describe:

#### **Fase de wind-up**

En esta fase se observa que la mayor actividad muscular es del trapecio superior, serrato anterior y deltoides anterior. Estos músculos se contraen concéntricamente

para girar hacia cefálico, elevar la escápula y abducir el hombro cuando el brazo se lleva inicialmente por encima de la cabeza, para luego contraerse excéntricamente para controlar la rotación escapular hacia caudal y la aducción del hombro cuando las manos bajan aproximadamente al nivel del pecho. Los músculos del manguito rotador, que tienen una función dual como coaptadores y rotadores de la articulación GH, tienen una actividad electromiográfica (EMG) baja durante esta fase. Debido a que la actividad EMG de los músculos de hombro es baja, no es sorprendente que las fuerzas del hombro sean también menores en comparación a otras fases de la mecánica del lanzamiento; En consecuencia, muy pocas lesiones en el hombro ocurren durante esta fase. (Escamilla, 2009)

#### Fase de zancada

Hay un aumento dramático en la actividad EMG del hombro durante la fase de zancada. En esta fase de zancada las manos se separan, la escápula gira hacia arriba, se eleva, retrae, y la cabeza humeral se coapta a la glenoides, debido a la actividad concéntrica de varios músculos, incluyendo los deltoides, supraespinoso, infraespinoso, serrato anterior y trapecio superior. No es sorprendente que haya muchos más músculos activados y en un grado más alto durante la zancada en comparación a la primera fase. Curiosamente, el supraespinoso tiene su actividad más alta durante la fase de zancada, ya que trabaja para no sólo retener el hombro, sino también ayudar a comprimir y estabilizar la articulación GH (Escamilla, 2009).

Los deltoides exhiben una alta actividad durante esta fase con el fin de iniciar y mantener el hombro en una posición abducida. Además, el trapecio y el serrato anterior tienen actividad moderada a alta, ya que ayudan a estabilizar y posicionar adecuadamente la escápula para minimizar el riesgo de choque cuando el brazo se abduce (Escamilla, 2009).

## Fase de armado

Durante esta fase, la energía cinética que se genera a partir de los MMII y tronco, transfiriéndose hacia arriba por el cuerpo hasta los segmentos de los MMSS. El brazo de lanzamiento se queda atrás cuando el tronco gira rápidamente hacia delante, generando una velocidad angular de la pelvis de  $600^\circ/\text{s}$  que ocurre en 0,03-0,05 segundos después del contacto del pie de apoyo, seguido por un peak de la velocidad angular del torso de casi  $1200^\circ/\text{s}$ . que ocurre 0,05-0,07 segundos después del contacto del pie de apoyo. En consecuencia, se necesita actividad muscular del hombro alta durante esta fase para mantener el brazo moviéndose con el tronco girando rápidamente, así como controlar la Rext del hombro, que alcanza peaks cercanos de  $180^\circ$  (Escamilla, 2009).

La actividad del pectoral mayor y el deltoides anterior es necesaria durante esta fase para realizar aducción horizontal del hombro con una velocidad angular máxima aproximada de  $600^\circ/\text{s}$ , para poder pasar desde una posición de aproximadamente  $20^\circ$  de abducción horizontal en contacto con el pie de apoyo hasta una posición de aproximadamente  $20^\circ$  de aducción horizontal con la Rext máxima del hombro. Además, estos músculos deben generar una gran fuerza de compresión de 80% del peso corporal para resistir la gran fuerza centrífuga que se genera cuando el brazo rota hacia adelante con el tronco. (Escamilla, 2009)

El supraespinoso, infraespinoso, teres menor y subescapular logran una alta actividad EMG para resistir la distracción GH y mejorar la estabilidad de la misma. (Escamilla, 2009)

Aunque es ampliamente aceptado que la fuerza y la resistencia en la musculatura posterior del hombro es muy importante durante la fase de desaceleración del brazo para disminuir su velocidad, la musculatura posterior del hombro también es importante durante la fase de armado, ya que los músculos posteriores del

manguito rotador, infraespinoso y teres menor, además del dorsal ancho generan una fuerza posterior a la cabeza del húmero que ayuda a resistir la tracción anterior de la cabeza humeral, lo que puede ayudar a descargar la cápsula anterior y la banda anterior del ligamento GH inferior. Además, los músculos infraespinoso y teres menor también contribuyen al rango extremo de Rext del hombro que durante esta fase. (Escamilla, 2009)

En esta fase se genera un peak de torque cercano a 65-70 N/m de Rext máxima del hombro. Por lo cual se genera una actividad EMG muy alta de los RI del hombro (pectoral mayor, dorsal ancho y subescapular) que se contraen excéntricamente durante esta fase para controlar la tasa de Rext del hombro. (Escamilla, 2009)

También se necesita una alta actividad de los músculos escapulares para estabilizar la escápula y colocar apropiadamente a la misma en relación con el hombro cuando este realiza aducción horizontal y rotación. Los desbalances entre los músculos escapulares pueden llevar a un movimiento escapular anormal, lo que alterará la posición relativa del húmero, aumentando el riesgo de lesión (Escamilla, 2009).

Debido a que tanto el tríceps braquial (cabeza larga) como el bíceps braquial (ambas cabezas) cruzan el hombro, ambos generan actividad moderada durante esta fase con el fin de proporcionar una estabilización adicional al hombro. (Escamilla, 2009)

Partiendo por una falla estructural en la fase de armado del lanzamiento, donde se encuentra que, en este momento es cuando la articulación se ve sometida a una mayor carga de tensión y fuerzas en sus estructuras, lo que varía según el tipo de lanzamiento que realice el deportista, ya sea un tiro con salto, de pie, en carrera o de pivote. Estas fases de lanzamientos repetitivos con un mal armado de la articulación antes del lanzamiento someten a mayor estrés a esta articulación, y en consecuencia se obtiene un mayor desgaste estructural, lo que finalmente

permite una disminución en las rotaciones y velocidad angular de la articulación, limitando la funcionalidad de la articulación y llevándola a una alteración estructural. (Fieseler, et al., 2015).

#### Fase de aceleración

La fase de aceleración del brazo comienza en la Rext máxima del hombro y termina en la liberación de la bola. Al igual que la fase de armado, existe una alta actividad muscular que se genera a partir de los músculos glenohumerales y escapulares durante esta fase, con el fin de acelerar el brazo hacia adelante. Existe una actividad EMG moderada del deltoides para ayudar a producir una abducción de hombro constante de aproximadamente 90-100°, que se mantiene independientemente del estilo de lanzamiento. Los RI glenohumerales (subescapular, pectoral mayor y dorsal ancho) tienen su mayor actividad durante esta fase, ya que se contraen concéntricamente para ayudar a generar una velocidad angular de Rint máxima de aproximadamente 6500°/s cerca de la liberación de la bola. (Escamilla, 2009)

Esta rápida Rint, con un rango de movimiento de aproximadamente 80° desde la Rext máxima hasta la liberación de la bola, se produce en sólo 30-50 mseg. La activación del subescapular se produce en parte para ayudar a generar este movimiento rápido, pero también funciona como un músculo de dirección para mantener la cabeza humeral en la cavidad glenoidea. Los músculos teres menor, infraespinoso y supraespinoso también demuestran actividad moderada a alta durante esta fase para ayudar a posicionar correctamente la cabeza humeral dentro de la glenoides. (Escamilla, 2009)

Con la Rint del hombro, el tendón de la cabeza larga del bíceps se reposiciona anteriormente en el hombro, proporcionando fuerzas compresivas y posteriores a la cabeza del húmero, las cuales mejoran la estabilidad anterior. (Escamilla, 2009)

## Fase de desaceleración

La fase de desaceleración del brazo comienza con la liberación de la bola y termina en la Rint máxima del hombro. Se genera una gran carga en el hombro para disminuir la aceleración hacia delante del brazo. El propósito de esta fase es proporcionar seguridad al hombro disipando el exceso de energía cinética no transferida a la bola, minimizando así el riesgo de lesión en el hombro. (Escamilla, 2009)

La musculatura posterior del hombro, como el infraespinoso, redondo menor y mayor, deltoides posterior y dorsal ancho, se contraen excéntricamente no sólo para desacelerar la aducción horizontal y la Rint del brazo, sino que también ayudan a resistir la distracción del hombro y las fuerzas de subluxación anterior. Se genera una fuerza de compresión del hombro ligeramente mayor que el peso corporal para resistir la distracción del hombro, mientras que se genera una fuerza de cizallamiento posterior del 40-50% de peso corporal para resistir la subluxación anterior del hombro. En consecuencia, la musculatura posterior del hombro genera una actividad muscular elevada, en particular los músculos del manguito rotador. (Escamilla, 2009)

Además, los músculos escapulares también muestran una alta actividad para controlar la elevación escapular, la protracción y la rotación durante esta fase. Por ejemplo: El trapecio inferior, que genera una fuerza sobre la escápula en la dirección de depresión, retracción y rotación hacia arriba, generará su mayor actividad durante esta fase. (Escamilla, 2009)

En la actividad muscular elevada puede ser parcialmente explicada por las fuerzas de compresión muy altas que se necesitan durante la desaceleración del brazo para resistir la distracción del hombro, que es una función primaria tanto del manguito rotador como del bíceps braquial. (Escamilla, 2009)

El bíceps braquial genera su mayor actividad durante la desaceleración del brazo. Las funciones de este músculo durante esta fase son dos. En primer lugar, debe contraerse de forma excéntrica junto con otros flexores del codo para ayudar a desacelerar la rápida extensión del codo que alcanza los peaks cerca de 2300°/s durante la aceleración del brazo. En segundo lugar, el bíceps braquial trabaja sinérgicamente con los músculos del manguito rotador para resistir la distracción y la subluxación anterior en la articulación GH. Curiosamente, durante la desaceleración del brazo, la actividad bíceps braquial es mayor en los lanzadores amateurs en comparación con los lanzadores profesionales, lo que puede implicar que los lanzadores amateurs emplean un patrón de lanzamiento menos eficiente en comparación con los lanzadores profesionales. (Escamilla, 2009).

#### **4. Lesiones deportivas**

El concepto de lesión deportiva es un aspecto ampliamente debatido no existiendo, en la actualidad, consenso entre los diversos autores que tienen en cuenta diferentes circunstancias para definir la lesión deportiva, como por ejemplo: La forma de presentación (aguda, subaguda o crónica), la necesidad o no de interrumpir la práctica deportiva, el momento de aparición de la sintomatología, etc.

Para McLain y Reynolds, lesión deportiva es “Todo incidente resultante de la participación deportiva, que hace que el deportista sea retirado del partido o entrenamiento o que le impide participar en el siguiente partido, entrenamiento o ambos”; este concepto excluye todas las lesiones subagudas y crónicas no incapacitantes, que permiten seguir entrenando o incluso compitiendo, aunque disminuyan el rendimiento del deportista (Moreno, Rodríguez & Seco, 2008)

En un intento de precisar más los conceptos, Sands et al, definen la lesión como todo daño corporal que interfiere en el entrenamiento y Kolt et al, como el daño corporal que obliga al deportista a abandonar o modificar una o más sesiones de entrenamiento, competición o ambos (Moreno, Rodríguez & Seco, 2008).

Se puede definir lesión deportiva como todo accidente o disfunción física acaecida durante la práctica deportiva, o como consecuencia directa de ella independiente de su grado o agudeza (Moreno, Rodríguez & Seco, 2008).

## 5. Lesiones de hombro más comunes en el balonmano

Durante el lanzamiento se somete a mucho estrés en tanto las estructuras anterior y posterior de la articulación GH, dando lugar a microtraumatismos de los tejidos blandos que rodean la articulación, lo que puede resultar en lesiones por sobreuso. (Genevois, et al., 2014).

La lesión por sobreuso de la articulación GH más frecuentemente encontrada en deportistas que realizan un gesto deportivo de lanzamiento por sobre la cabeza como el balonmano es la lesión de SLAP (Superior Labrum from Anterior to Posterior). La cual puede generarse tanto por una tracción excéntrica sobre el tendón del bíceps en la fase de desaceleración del lanzamiento, como por una tracción y torsión del tendón del bíceps en la fase anterior al lanzamiento, es decir, en abducción y Rext (Harwood, & Smith, 2004). Además, pueden encontrarse otras lesiones, ya sean del manguito rotador, del tendón de la cabeza larga del músculo bíceps braquial o una inestabilidad GH adquirida como consecuencia de los movimientos repetidos de Rext extrema realizados en el momento de armar el brazo para el lanzamiento (Weber, et al., 2014; Kibler, et al., 2012). Wilk, et al. (2009) en un estudio coincide en que las lesiones más comunes son SLAP, lesiones del tendón del bíceps (tendinitis, tendinosis, subluxación), bursitis subacromial, lesiones del manguito rotador (impingement), pero además agrega otras como lesiones óseas (osteocondritis, lesión de Bennett), lesiones neurovasculares (neuropatía de nervio axilar, neuropatía del torácico largo, síndrome del opérculo torácico) entre otras.

## 6. Problema del estudio

El balonmano es un deporte que ha tenido una expansión a nivel mundial tanto profesional como amateur, lo que ha generado que cada vez sea más competitivo. Es por este motivo que el tipo de jugador ha tenido que saber adaptarse a nuevas demandas físicas y técnicas, en donde la frecuencia e intensidad en la que se practica y entrena son de suma importancia. Debido a este antecedente, los números de lesiones en este deporte ha ido en incremento en estos últimos años, siendo la articulación GH una de las más afectadas por toda la carga que recibe, debido al gesto deportivo propio del deporte en el que se realizan reiterados lanzamientos por sobre la cabeza llevando a la articulación a rangos extremos, forzando todos sus componentes tanto pasivos como activos.

Se debe considerar, además, que existe poca información concluyente sobre la relación que podría haber entre las variables de control escapular, movilidad de hombro y balance muscular con respecto a la aparición de lesiones de origen no traumático, y que la información que existe, generalmente se da en una muestra muy distinta a la nuestra. Debido a que la mayoría de estudios relacionados con el balonmano, por, quizás, una motivo cultural, se realizan en población europea, donde este deporte se desempeña de manera profesional. Generándose la necesidad de observar que pasaría en una muestra de población chilena, amateur y de sexo femenino y al mismo tiempo intentar demostrar si es que es una de estas variables la que aumenta la aparición de lesiones en los planteles de balonmano, o si es la combinación de estas variables la que lleva tener un mayor índice de lesiones por uso excesivo de la articulación de hombro.

## **6.1 Pregunta de investigación**

¿Existe relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en jugadoras de balonmano?

## **6.2 Objetivo general**

Determinar la relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.

## **6.3 Objetivos específicos**

- 1) Determinar las medidas antropométricas.
- 2) Categorizar la muestra de acuerdo a la normalidad de las variables.
- 3) Relacionar la aparición de lesiones de origen no traumático en la articulación de hombro en las handbolistas que presentan un control escapular alterado.
- 4) Relacionar la aparición de lesiones de origen no traumático en la articulación de hombro en las handbolistas que presenten una movilidad de hombro alterado.
- 5) Relacionar la aparición de lesiones de origen no traumático en la articulación de hombro en las handbolistas que presenten un balance muscular de RI/RE alterado.

#### **6.4 Hipótesis de trabajo**

Existe relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.

#### **6.5 Hipótesis nula**

No existe relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1 Tipo de estudio**

Corresponde a un estudio de carácter analítico-descriptivo correlacional no experimental longitudinal y prospectivo.

### **7.2 Muestra del estudio**

Este estudio se realizó en handbolistas mujeres, chilenas, correspondientes al Club Prag-Leonas de las categorías juvenil y adulta, el cual consta con un plantel de 28 jugadoras de un rango etario entre los 16 y 24 años.

El tipo de muestreo es no probabilístico, puesto que la muestra no fue seleccionada al azar.

### **7.3 Criterios de inclusión y exclusión**

Dentro de los criterios de inclusión para participar del estudio se encuentra que, deben ser handbolistas pertenecientes al Club Prag-Leonas, con un mínimo de asistencia a los entrenamientos y competencias de un 70% cada una, practicar este deporte desde hace al menos un año y además, haber firmado el consentimiento informado.

Por otra parte, los criterios de exclusión utilizados corresponden a: Jugadoras de balonmano que hayan presentado lesiones músculoesqueléticas de hombro en los últimos 3 meses, que hayan sido sometidas a cirugía de hombro en el último año, y/o que hayan sufrido lesiones de hombro de otro tipo (traumáticas) durante el periodo de seguimiento.

#### **7.4 Metodología de la investigación**

El estudio se realizó en handbolistas pertenecientes al Club Prag-Leonas, en un periodo que comprende desde el 26 de septiembre del 2016 hasta el 21 de noviembre del 2016. Las mediciones se realizaron en los primeros 14 días del ciclo antes mencionado, en las 25 jugadoras que cumplieron con los criterios de inclusión del estudio.

Estas evaluaciones tuvieron su realización en el Centro de Entrenamiento Olímpico y en los gimnasios (de pesas y de kinesiología) de la Universidad Finis Terrae, donde se les entregó un consentimiento informado a las jugadoras mayores de 18 años, y a los padres y/o apoderados de las menores de 18 años, para la realización de las evaluaciones. (Anexo 2).

La primera variable a evaluar fue la movilidad de hombro, la cual fue medida a través del "Back Scratch Test" en centímetros (Kirschke, et al., 2006). En segundo lugar, fue medida la variable de fuerza de rotadores de hombro, la que fue evaluada en kilogramos mediante el cálculo de 1RM con el método dinámico de cargas crecientes directas de Delorme y Watkins (Bernal, 2012). La siguiente variable a evaluar fue el balance muscular entre rotadores de hombro, el que fue calculado en relación al torque máximo de rotadores de hombro a través de la obtención de 1RM de RE y RI de hombro multiplicado por la longitud (en cms) del miembro a evaluar. El control escapular fue medido mediante el CKCUES Test (Tucci, et al., 2014 & Taylor, et al, 2016). Los resultados de las pruebas de fuerza, control escapular y balance muscular son de carácter cuantitativo, mientras que los de movilidad de hombro son de carácter cualitativo. Las respectivas mediciones fueron estandarizadas y basadas en material bibliográfico.

Cada evaluación de las distintas variables, fue realizada por los alumnos tesistas.

#### **7.4.1 Protocolo de evaluación control escapular a través del CKCUEST:**

La deportista comienza en posición de flexión de brazos con las manos ubicadas a nivel de los hombros justo dentro de los marcadores de cinta colocados 36 pulgadas de distancia y con las rodillas apoyadas en el suelo (variante de la prueba para sexo femenino). La prueba consiste en contar cuántas veces, durante 15 segundos, la deportista es capaz de tocar alternadamente su mano de apoyo con la mano de balanceo. Para el análisis se usa el promedio de 3 ensayos (Tucci, et al., 2014 & Taylor, et al, 2016). (Anexo 6).

#### **7.4.2 Protocolo de evaluación de movilidad de hombro a través del Back Scratch Test:**

La participante en posición bípeda con una mano sobre el mismo hombro y con la palma hacia abajo y los dedos extendidos. Desde esta posición lleva la mano hacia la mitad de la espalda tan lejos como sea posible, manteniendo el codo arriba. El otro brazo se coloca en la espalda rodeando la cintura con la palma de la mano hacia arriba y llevándola tan lejos como sea posible, intentando que se toquen los dedos medios de ambas manos. La participante debe practicar el test para determinar cuál es el mejor lado. Puede realizarlo dos veces antes de comenzar con el test. Se debe comprobar que los dedos medios de una mano están orientados hacia los de la otra lo mejor posible. El examinador puede orientar los dedos del participante (sin mover sus manos) para una correcta alineación. Las participantes no pueden cogerse los dedos y tirar de ellos. Se mide la distancia entre la punta de los dedos medianos de las dos manos. Si los dedos solo se tocan puntúa "Cero". Si los dedos de las manos no llegan a tocarse se mide la distancia en valores negativos (-). Si los dedos de las manos se solapan se registra la distancia en valores positivos (+). Siempre se mide la distancia

desde la punta de los dedos de una mano a la otra independientemente de la alineación detrás de la espalda. Se debe detener el test si el participante siente dolor (Kirschke, et al., 2006). (Anexo 3).

#### **7.4.3 Protocolo de evaluación fuerza/balance de rotadores de hombro**

Previo a las evaluaciones de fuerza muscular se diseñó un protocolo de calentamiento el cual consiste en:

5 minutos en el cicloergómetro para miembro superior, a intensidad leve y a 50 revoluciones por minuto (RPM).

Terminado esto, se procedió a realizar elongaciones estáticas pasivas de los músculos rotadores de hombro, llegando al máximo estiramiento para cada grupo muscular durante 20 segundos en 3 repeticiones, el tiempo fue controlado por el alumno tesista evaluador (Niewiadomski, et al., 2008). (Anexo 4).

La fuerza muscular fue calculada mediante la estimación de 1RM a través del método dinámico de cargas crecientes directas de Delorme y Watkins, en el cual: Se ubicó a la jugadora en una camilla, en donde la posición inicial para la medición de fuerza de los RI fue decúbito supino con las rodillas en flexión de 90° y con el hombro evaluado en posición 90° de abducción, mismo grados para la flexión de codo, en donde la resistencia (mancuerna con peso) se ubicó en la palma de la mano y el movimiento realizado va desde Rext máxima de hombro a una Rint de 90°. Mientras que, para los RE la posición inicial fue decúbito prono con el hombro evaluado en abducción de 90°, al igual que la flexión de codo, siendo la posición inicial del antebrazo en dirección perpendicular al suelo con la resistencia ubicada en la palma de la mano y el movimiento realizado va desde esta posición a Rext de 90° de la articulación GH. En ambas mediciones se les indicó que la realización debe ser en toda la amplitud del movimiento. Por otro lado, se procedió a medir los

contornos, sobre todo donde exista más masa muscular. Luego se dio paso al cálculo de la RM, lo que fue útil para calcular las cargas posteriores que se aplicaron, continuo a esto se calculó el 10RM que fue el elemento de trabajo: 3/4 del RM. Se hicieron tres series de 10 repeticiones cada una con cargas crecientes con el 50%, 75% y 100% del 10RM respectivamente, otorgando un minuto de descanso entre serie y serie. (Bernal, 2012). (Anexo 5)

Para calcular el balance entre rotadores de hombro se utilizó el RM de cada grupo muscular expresado en kilogramos y se obtuvo el porcentaje de relación entre RI sobre RE. Mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Relación RI/RE} = 1\text{RM RI} * 100 / 1\text{RM RE}$$

Todos los resultados obtenidos de las evaluaciones mencionadas anteriormente, fueron detallados en una plantilla Excel, separando los datos de cada jugadora y clasificándolos según los resultados esperados, todo basado en los rangos establecidos por la bibliografía. (Anexo 7).

<b>Tabla 1. Clasificación de las evaluaciones</b>		
Evaluaciones	Bueno	Malo
Back Scratch Test *	Normal ( $\geq 0$ cm)	Alterado ( $< 0$ cm)
Balance RI/RE **	$\geq 65\%$ de relación RI/RE	$< 65\%$ de relación RI/RE
CKCUEST ***	$\geq 30$ toques	$< 30$ toques

\*(Kirschke, et al., 2006).  
 \*\*(Egret, 2000).  
 \*\*\*(Taylor, et al, 2016).

Durante el periodo de preparación para el octogonal final de la liga nacional de balonmano femenino y durante la realización del mismo, se realizó un seguimiento a las handbolistas. En éste, se objetivó la aparición de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro, que pueden ocurrir durante partidos de competencia o sesiones de entrenamiento. El diagnóstico de estas lesiones fue determinado considerando la evaluación física realizada por el cuerpo médico del club y si se consideraba necesario con exámenes imagenológicos.

A medida que fueron apareciendo las lesiones, se fueron registrando en la tabla Excel donde estaban las características de cada jugadora con los resultados de cada una de las evaluaciones realizadas.

## **VARIABLES DE ESTUDIO**

### **8.1 Variables dependientes**

#### **8.1.1 Lesiones de origen no traumático en la articulación de hombro:**

##### **Definición conceptual**

Lesión que no tiene un evento traumático puntual que cause algún daño estructural. Se caracterizan por ser lesiones por sobrecarga o por esfuerzo repetitivo y constituyen un conjunto de enfermedades de los tejidos blandos (tendones, ligamentos, bursa y nervios situados alrededor de articulaciones de las extremidades) caracterizados por molestia, debilidad e incapacidad para ejercer movimientos asociados a dolor continuo. (Malchaire, 1998).

##### **Definición operacional**

Número de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro diagnosticadas por el cuerpo médico del Club Prag-Leonas.

##### **Indicadores**

Números enteros, cantidad de lesiones durante el octagonal final de la liga nacional de balonmano femenino.

## **8.2 Variables independientes**

### **8.2.1 Control escapular:**

#### **Definición conceptual**

Capacidad de mantener de forma simultánea el control de la estabilidad dinámica y la movilidad del complejo de hombro. (Gutiérrez, et al., 2014)

#### **Definición operacional**

Estimar la cantidad de toques que se realizan, durante 15 segundos, tocando alternadamente la mano de apoyo con la mano de balanceo a una distancia de 36 pulgadas.

#### **Indicadores**

Números de toques/ Tiempo (Anexo 6)

### **8.2.2 Movilidad de hombro:**

#### **Definición conceptual**

Capacidad de las unidades músculo-tendinosas para elongarse cuando un segmento corporal o una articulación se mueven en su amplitud articular (Phillips, et al., 1979)

#### **Definición operacional**

Estimar la distancia entre los dedos medios de cada mano, desde posición bípeda con una mano sobre el mismo hombro y con la palma hacia abajo y los dedos extendidos. Se debe llevar la mano hacia la mitad de la espalda tan lejos como sea posible, manteniendo el codo arriba. El otro brazo se coloca en la espalda rodeando la cintura con la palma de la mano hacia arriba y llevándola tan lejos como sea posible.

#### **Indicadores**

Centímetros (cms) (Anexo 9)

### **8.2.3 Balance muscular:**

#### **Definición conceptual**

Relación de fuerza de un músculo o grupo muscular con su músculo o grupo muscular antagonista. (Menayo, et al., 2005)

#### **Definición operacional**

Estimar el balance de RE/RI de hombro previo al cálculo de 1RM de la musculatura mencionada.

#### **Indicadores**

Porcentaje (%)

## 9. Análisis estadístico

Luego de clasificar los datos obtenidos, y de realizar el seguimiento durante el transcurso del ciclo de preparación y también durante el octagonal final, se analizaron los datos a través del Software Graphpad Prism 7.00, relacionando la presencia o ausencia de lesiones y el desempeño de las deportistas en las distintas evaluaciones realizadas, clasificándolas, posteriormente, en: grupo lesionado o grupo no lesionado. Con respecto a las variables de control escapular, balance y fuerza muscular, se determinó la normalidad de los datos a través del test de Shapiro Wilk, estos datos al no distribuirse de manera normal, se procedió a utilizar el test de Mann Whitney, para comparar los promedios de estas variables cuantitativas. Por otro lado, en relación con la variable de movilidad de hombro, y debido a sus resultados, de carácter cualitativo, se utilizó el test de Fisher, con el fin de determinar la asociación entre la presencia o ausencia de lesión y la alteración en la movilidad de hombro.

El nivel de significancia en el estudio durante el análisis de cada prueba es de un  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS

La muestra del estudio fueron mujeres handbolistas correspondientes al Club Prag-Leonas de las categorías juvenil y adulta. El rango etario de éstas fluctuó entre los 16 y 24 años, con un promedio de edad de  $19 \pm 2,7$  años, una talla promedio de  $1,64 \pm 0,06$  metros y un peso promedio de  $60 \pm 7,3$  kilogramos.

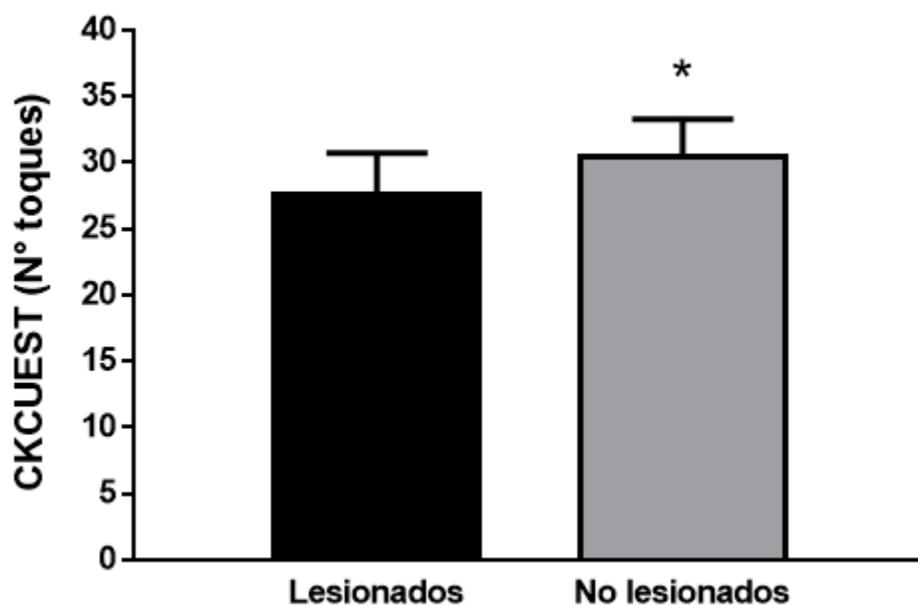
Del total de jugadoras, 25 cumplieron con los criterios de inclusión, y tres fueron excluidas, puesto que dos de estas jugadoras sufrieron bursitis subacromial y una jugadora, una ruptura de labrum, posterior a una caída.

El equipo participó de 16 encuentros durante el año, terminando su participación en el octagonal final el 21 de noviembre del 2016. Durante el seguimiento se presentaron lesiones por uso excesivo en 6 jugadoras, 3 de estas fueron bursitis subacromiales, lesión de carácter leve en donde todas las jugadoras presentaban alteración en el balance muscular y en control escapular, 2 presentaron tendinosis del supraespinoso, lesión de carácter moderado en la cual una jugadora presentó alteración sólo en el balance muscular, y la otra jugadora tanto en el balance muscular como en el control escapular. La última lesión fue una tendinitis de la cabeza larga del bíceps, una lesión de carácter moderado en la cual la jugadora presentaba alteración en las tres variables.

No se presentaron lesiones de gravedad alta como roturas parciales, totales o masivas del manguito rotador.

A continuación, se intenta explicar la posible relación entre la aparición de lesiones con respecto a la normalidad o alteración de las variables evaluadas, plasmándolo en gráficos comparativos entre los grupos lesionados y no lesionados y su respectivo desempeño en las evaluaciones.

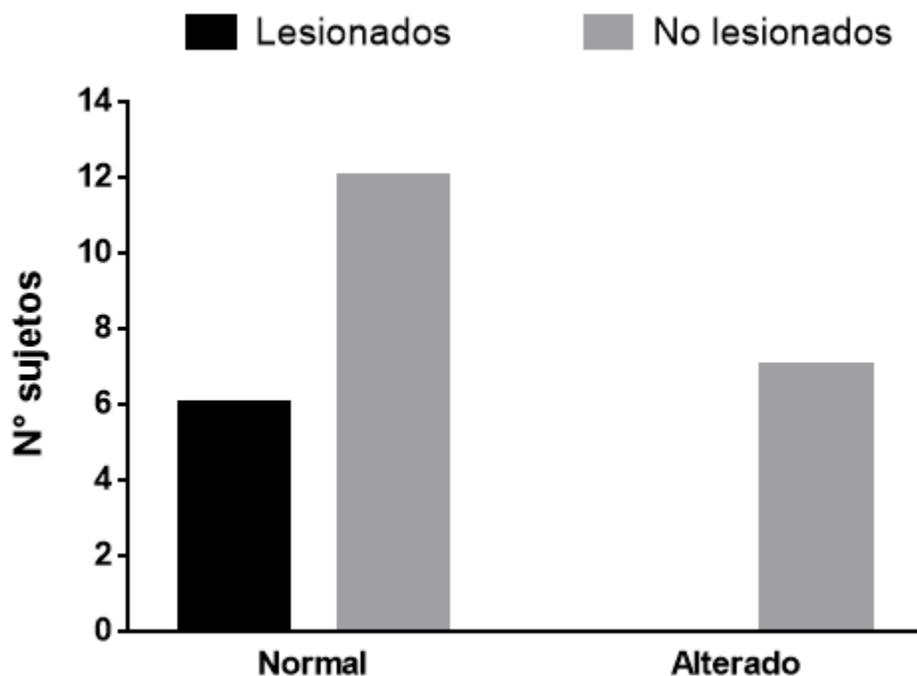
Figura 1. Comparación del promedio de toques en el CKCUEST entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.



La gráfica nos muestra que el promedio de toques una vez realizado el CKCUEST test en el grupo lesionados fue de  $28 \pm 3,2$ . Mientras que, el grupo no lesionados realizó en promedio  $30 \pm 2,9$  toques.

En cuanto a la alteración del control escapular en las handbolistas, y si tiene relación con la aparición de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro, se obtuvo una relación estadísticamente significativa, ya que  $P = 0,0182$ . (Anexo 10).

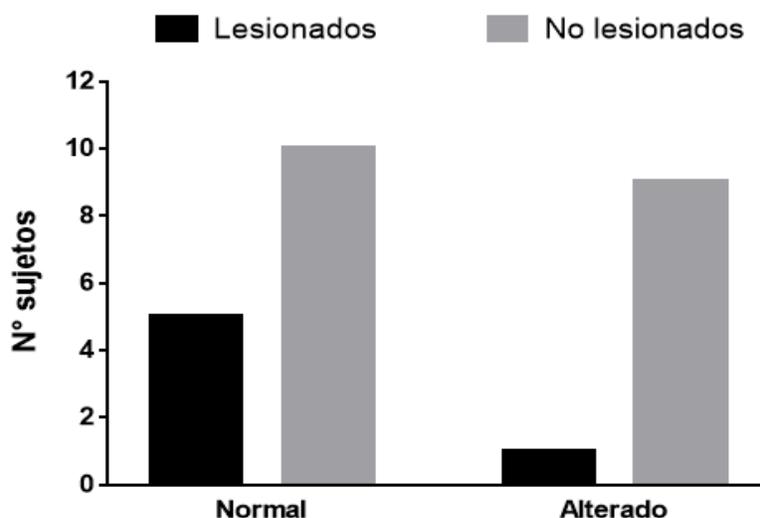
Figura 2. Relación Back Scratch Test extremidad superior derecha normal y alterado con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.



El gráfico nos muestra que, una vez realizado el Back Scratch Test de extremidad superior derecha, en el grupo que obtuvo resultados normales, 6 de las jugadoras presentaron lesión y 12 no presentaron lesión. Por otra parte, en el grupo que sí presentó alteración en esta prueba, sólo hubo 7 jugadoras y ninguna presentó lesión.

En cuanto a la alteración del Back Scratch Test de extremidad superior derecha y si tiene relación con la aparición de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro, no se obtuvo una relación estadísticamente significativa ya que  $P = 0,1048$ . (Anexo 11)

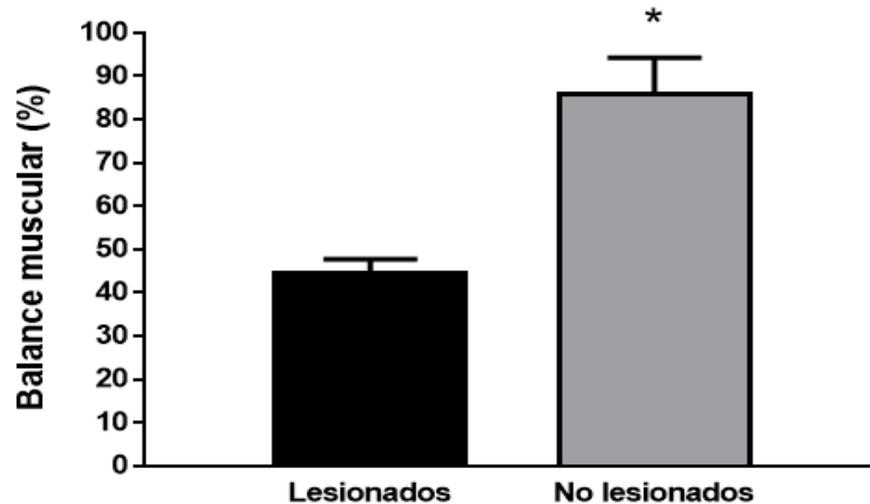
Figura 3. Relación Back Scratch Test extremidad superior izquierda normal y alterado con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.



El gráfico nos muestra que, una vez realizado el Back Scratch Test de extremidad superior izquierda, en el grupo que obtuvo resultados normales, 5 de las jugadoras presentaron lesión y 10 no presentaron lesión. Por otra parte, en el grupo que sí presentó alteración en esta prueba, sólo hubo 1 jugadora que presentó lesión y 9 que no presentaron lesión.

En cuanto a la alteración del Back Scratch Test de extremidad superior izquierda y si tiene relación con la aparición de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro, no se obtuvo una relación estadísticamente significativa ya que  $P = 0,1978$ . (Anexo 11).

Figura 4. Comparación del promedio del balance muscular de RE/RI de hombro entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.

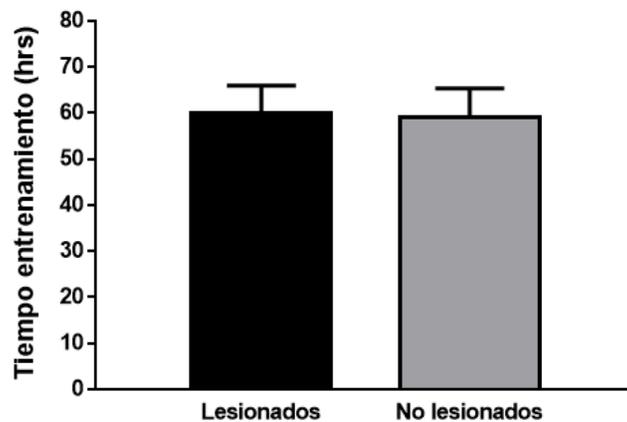


En la gráfica se muestra que el grupo lesionados presenta un porcentaje promedio del 44%  $\pm$  3,4. Mientras que, el grupo de no lesionados presenta un porcentaje promedio del 86%  $\pm$  8,2.

En cuanto a la alteración en el balance entre RE/RI de hombro en las handbolistas, y si tiene relación con la aparición de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro, se obtuvo una relación estadísticamente significativa, ya que  $P = 0,0001$ .

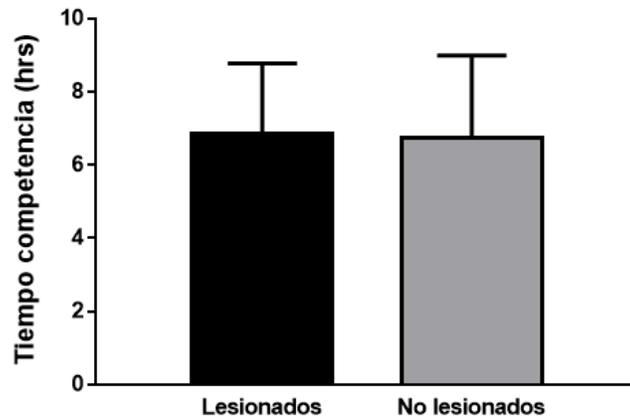
Determinando así, la alteración del balance muscular entre RE/RI, donde la fuerza de RI fue en promedio menor que la de los RE. (Anexo 10)

Figura 5. **Comparación del promedio de tiempo de entrenamiento entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.**



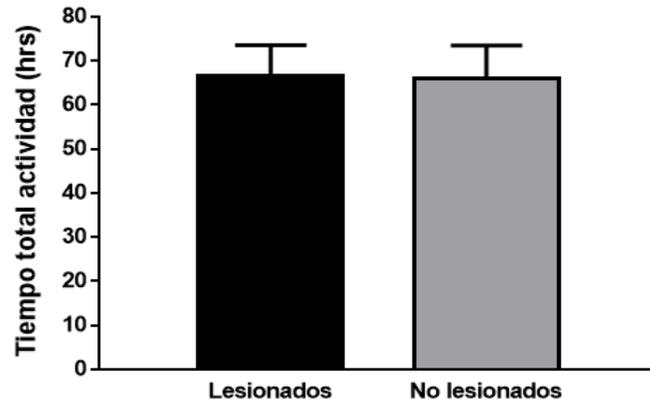
La gráfica nos muestra el tiempo promedio de entrenamiento (en horas) que tuvieron las jugadoras. El grupo lesionados tuvo en promedio  $60 \pm 6,3$  horas de entrenamiento. Mientras que el grupo de no lesionados tuvo en promedio  $59 \pm 6,2$  horas de entrenamiento. (Anexo 12)

Figura 6. **Comparación del promedio de tiempo de competencia entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.**



La gráfica nos muestra el tiempo promedio de competencia (en horas) que tuvieron las jugadoras. El grupo lesionados tuvo en promedio  $6,8 \pm 1,9$  horas de competencia. Mientras que el grupo de no lesionados tuvo en promedio  $6,7 \pm 2,3$  horas de competencia. (Anexo 12).

Figura 7. Comparación del promedio de tiempo total de actividad entre grupo lesionado y no lesionado en handbolistas mujeres.



La gráfica nos muestra el tiempo promedio total de actividad (entrenamiento y competencia) (en horas) que tuvieron las jugadoras. El grupo lesionados tuvo en promedio  $67 \pm 7,0$  horas de tiempo total de actividad. Mientras que el grupo de no lesionados tuvo en promedio  $66 \pm 7,5$  horas de tiempo total de actividad.

En cuanto a los tiempos de entrenamiento, de competencia y tiempo total de actividad y si tienen relación con la aparición de lesiones por uso excesivo en la articulación de hombro, no se obtuvo una relación estadísticamente significativa, ya que el tiempo de entrenamiento tiene un  $P = 0,4045$ , el tiempo de competencia tiene un  $P = 0,4548$ , y el tiempo total de actividad tiene un  $P = 0,3331$ . Por ende, ninguno cumple con el nivel de significancia del estudio. (Anexo 12).

## DISCUSION

El objetivo de nuestro estudio fue determinar la relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.

Durante el periodo de seguimiento de este estudio, 6 jugadoras resultaron lesionadas. Este nivel de aparición de lesiones podría estar relacionado con las instancias en las que se encontraba el club, puesto que, al inicio de nuestro estudio, las jugadoras habían terminado ya la totalidad de fechas de la liga nacional de balonmano femenino, y se encontraban en un periodo de preparación para afrontar el octagonal final, lo que conlleva a un fixture más de entrenamientos que de partidos hasta el desarrollo de la competición. Esto se podría relacionar con un estudio controlado aleatorizado de un programa de prevención de lesiones elaborado por Olsen et al., el cuál estudió 1837 jugadores entre 15 y 17 años en 120 equipos y registró 298 lesiones. El grupo control (tanto masculino como femenino) mostró una tasa de 10.3 lesiones / 1.000 h durante los partidos y de 0.6 lesiones / 1.000 h durante el entrenamiento (Olsen, 2005). Algo similar plantearon Vlak & Pivalica en 2004, donde determinaron que el porcentaje de jugadoras lesionadas en relación al tiempo de exposición, era de 4,6 / 1.000 h de entrenamiento y 11.4 / 1.000 h de juego (Vlak & Pivalica, 2004). Dando a entender así que durante los partidos existe un mayor riesgo de sufrir lesiones, ya que la intensidad de la competencia es más exigente. Esto se debe a que el deportista está sometido durante el encuentro a una realidad de juego constante, que conlleva a un estrés psicológico mayor, debido a la motivación de desarrollar su máximo rendimiento. Al llevar al límite su capacidad física, el deportista genera una mayor sobrecarga física, lo cual requiere de mayores tiempos de recuperación para afrontar el siguiente partido; condición que no se obtiene durante certámenes nacionales e internacionales de la disciplina.

Con respecto al análisis de nuestros resultados, del total de la muestra, 12 jugadoras presentaron alteración en el CKCUEST, de las cuales, 5 presentaron lesión, evidenciando una relación significativa entre la aparición de lesiones y la alteración en esta variable. El CKCUEST busca pesquisar la alteración del control escapular o la cinemática escapular, que es conocida como diskinesia escapular (“dis”- alteración de, “kinesis”- movimiento). Este término refleja la pérdida del control neuromotor normal del movimiento escapular. La diskinesia por sí misma no es una lesión o diagnóstico clínico musculoesquelético, dado al alto número de sujetos sanos o asintomáticos que presentan diskinesia. Esta disfunción de la cinemática escapular también ha sido descrita como disritmia escapular, la cual puede manifestarse en la fase de ascenso o descenso de elevación del brazo. Se entiende por disritmia escapular cualquier movimiento de ascenso o descenso prematuro, rápida rotación inferior, encogimiento o resalte de la cinemática escapular durante movimientos de elevación y/o descenso del brazo en cualquier plano (Jordan, 2013).

Un estudio hecho por Jordan en 2013, propone que la causa de una alteración de la cinemática escapular se debe a patrones de activación neuromuscular periescapulares defectuosos. Entre los factores que influyen en la programación de un patrón de movimiento y de activación neuromotora tenemos: la condición neuromuscular específica de cada sujeto, trastorno biomecánico específico de la patología de hombro, de la dirección y velocidad del gesto motor, de la tarea motora solicitada, de la magnitud de la carga externa a movilizar, del número de repeticiones solicitadas, de la fatigabilidad muscular y de la condición cognitiva de cada sujeto. Además, que en la alteración del control escapular se ha reportado una reducción de la fuerza, en el nivel de activación (% EMG) y de duración (latencia muscular) de la contracción muscular del serrato anterior y del trapecio inferior (Jordan, 2013)

Esto se ve reafirmado por un estudio hecho por Worsley en 2013, en el cual midió el tiempo de activación y desactivación neuromuscular del serrato anterior y del

trapecio inferior durante la elevación y descenso del brazo, en sujetos con pellizcamiento subacromial sintomáticos vs sujetos asintomáticos, reportando un retardo significativo del tiempo de activación de ambos músculos, específicamente en la fase de descenso del brazo. Los registros EMG reportaron un retardo del serrato anterior en sujetos con pellizcamiento subacromial vs sujetos control de  $23,3^{\circ} \pm 16,6^{\circ}$  vs  $14,3^{\circ} \pm 1,3^{\circ}$  en el plano frontal y de  $26^{\circ} \pm 14,6$  vs  $19,7^{\circ} \pm 4,5$  en el plano sagital. Por su parte, el trapecio inferior presenta un retardo en de  $29,8^{\circ} \pm 17,1$  vs  $18,3^{\circ} \pm 7$  en el plano frontal y de  $30,9^{\circ} \pm 17$  vs  $20,4^{\circ} \pm 8,1$  en el plano escapular (Worsley, 2013). Debido a retardo de activación del serrato anterior, Worsley propone que posiblemente podría generarse una menor inclinación posterior y rotación superior de la escapula y a una menor rotación externa escapular en el rango final de la elevación glenohumeral, favoreciendo la rotación interna e inferior escapular. Esta nueva posición escapular conlleva a una adaptación de la cabeza humeral la cual asciende y anteproyecta, disminuyendo el espacio subacromial y sobrecargando al tendón del supraespinoso que intenta descender la cabeza humeral (su función primaria) y al tendón la cabeza larga del bíceps que intenta posteriorizar la cabeza humeral aumentando el riesgo de lesión si se suma a un gesto deportivo repetitivo. Además, postula que la inhibición y el retardo del tiempo de activación del trapecio inferior podría estar clínicamente asociado a un aumento del aleteo escapular durante la elevación del brazo, y a un mayor riesgo de pellizcamiento subacromial al disminuir la capacidad de elevación del acromion y de la inclinación posterior de la escapula, la que contribuye a aumentar el espacio subacromial durante la elevación del brazo (Worsley, 2013).

Concordando con lo antes expuesto, un estudio hecho por Sole et al., en el año 2014, buscó investigar la actividad EMG de los músculos serrato anterior, trapecio inferior, trapecio superior y deltoides, luego de inyectar una solución hipertónica salina en el espacio subacromial. Por medio de electrodos de superficie se detectó la actividad EMG durante los movimientos de ascenso y descenso del brazo, reportando un retardo en la activación del serrato anterior y trapecio inferior

durante ambos movimientos solicitados. Sole et al, propone que este retado en la activación muscular podría provocar alteraciones en la biomecánica normal de la escápula, adoptando posiciones viciosas las cuales podrían aumentar el riesgo de lesión (Sole, 2014).

Otro estudio que apoya nuestros resultados es el realizado por Clarsen en 2014, el cual buscó relacionar la alteración del movimiento escapular por falta de control motor (diskinesis escapular) con el riesgo de lesiones. Este estudio se realizó en 206 jugadores hombres de la liga noruega de balonmano, a los cuales se le realizó un seguimiento de 30 semanas tanto en entrenamiento como en competencia, a los cuales se le realizaba un cuestionario durante 2 semanas con puntaje acumulativo si presentaban alteración de esta variable. Se pesquisó que el mayor porcentaje de los jugadores lesionados presentaba una diskinesis escapular manifestada durante el seguimiento, por lo que se determinó a esta alteración como un importante FR en la aparición de lesiones no traumáticas en la articulación GH (Clarsen, 2014).

En relación a la movilidad de hombro, existió un patrón que tendió a repetirse durante la evaluación del Back Scratch Test, y éste fue la menor movilidad del hombro dominante al realizar el movimiento de pasar el brazo por la espalda, rodeando la cintura, con la palma de la mano hacia arriba y llevándola tan lejos como sea posible hacia cefálico (generándose una extensión más una Rint de hombro). De esta manera, se puede inferir sobre la presencia de la alteración más frecuente en los deportes de lanzamiento, donde la mayoría de los lanzadores exhiben una evidente disparidad entre los movimientos rotacionales, donde el movimiento de Rext es excesivo y el de Rint está limitado, en 90 ° de abducción, con respecto al brazo no dominante (Kibler & Thomas, 2012).

En un estudio realizado en jugadores de béisbol profesionales, Wilk et al. 2002, evaluaron el ROM de 369 pitchers de béisbol profesional. Como resultados obtuvieron que los lanzadores exhiben una media de 132,9 ° de Rext, mientras

que en Rint se mostró una media de 52 °, cuando se evaluó pasivamente a 90 ° de abducción. Además, en los lanzadores, la Rext es aproximadamente 7 ° mayor en el hombro de lanzamiento que en el hombro no lanzador, mientras que la Rint es 7 ° mayor en el hombro no lanzador en comparación con el hombro de lanzamiento (Wilk, 2002).

Se han propuesto numerosas razones para explicar estas adaptaciones de movimiento, incluidas las adaptaciones óseas (aumento de la retroversión de la cabeza humeral), adaptaciones de los tejidos blandos de la cápsula posterior y aumento de la tensión en la musculatura posterior. Crockett et al., en 2002, evaluaron la retroversión del hombro dominante y no dominante en 25 pitchers profesionales y las compararon con un grupo control. Revelaron que la cabeza humeral del hombro de lanzamiento tenía un aumento de 17 ° en la retroversión en comparación con los hombros no lanzadores. Por lo tanto, la causa principal y más frecuente de la modificación en la Rint es el resultado de la adaptación ósea, la tensión muscular de los rotadores externos y el posicionamiento escapular (Crockett, 2002).

Adicional a esto, Hung, Hsieh, Yang & Lin, en 2010, postularon que esta adaptación se produce por una contractura en la cápsula por posterior y la parte postero-inferior del ligamento GH inferior, lo que permite un cambio en el centro de rotación de la cabeza del húmero hacia postero-superior limitando la RI y aumentando la RE. (Hung, Hsieh, Yang & Lin, 2010).

Finalizada esta evaluación, de las 7 jugadoras que presentaron alteración en el lado derecho, ninguna presentó lesión, mientras que de las 10 jugadoras que presentaron alteración en el lado izquierdo, sólo una presentó lesión, por lo que, no se encontraron asociaciones significativas entre las alteraciones obtenidas en estas pruebas y la aparición de lesiones. En contraste con estos resultados, Wilk, et al., en el 2011, analizó la relación entre el ROM y las tasas de lesiones en los lanzadores profesionales de béisbol, donde se encontró que los lanzadores con

GIRD tenían casi el doble de riesgo de sufrir una lesión en el hombro que los lanzadores sin GIRD (Wilk, 2011).

Por otra parte, y con similares resultados a los obtenidos en el presente estudio, Clarsen, et al, en un estudio realizado en 2014 (explicado anteriormente), intenta explicar los conceptos y criterios desarrollados para los lanzadores, como por ejemplo, el déficit de Rint GH, el cual no es identificado como FR. Argumenta que, los jugadores de balonmano al lanzar con una gran variedad de técnicas, sus hombros están expuestos frecuentemente al contacto y al bloqueo de los contrincantes mientras están en una posición elevada. Esto puede afectar a sus perfiles de rango de movimiento, convirtiéndose con el tiempo en una adaptación permanente (Clarsen, et al., 2014).

Continuando con el análisis de resultados, del total de jugadoras que se lesionaron, el factor que coincidió en todas ellas fue la alteración en el balance muscular de rotadores de hombro, demostrando así, asociaciones significativas entre la aparición de lesiones y las alteraciones en esta variable. Resultados parecidos, obtuvo Edouard en un estudio realizado el 2013. En éste, se evaluó a 30 mujeres, donde 16 eran jugadoras de balonmano y 14 no eran atletas (grupo control). El estudio consistió en evaluar a ambos grupos con una prueba de resistencia isocinética de RE y RI, para buscar la relación entre ambos grupos musculares. Se encontró que las jugadoras de balonmano presentaban un mayor desbalance muscular en relación al grupo control, y que incluso, a lo largo de la temporada, 9 de las 16 jugadoras presentaron lesión de hombro. De esta manera se concluyó que, un desbalance entre estos grupos musculares era un FR importante, aumentando las probabilidades de lesión en 2,5 veces en comparación con grupo control (Edouard, 2013).

Con el fin de explicar de mejor manera este punto, Noffal en un estudio en 2003, propuso que un posible mecanismo que podría conducir a lesiones en el hombro era un desequilibrio entre la fuerza excéntrica y concéntrica de los músculos del

manguito rotador. En base a su funcionalidad, los músculos RI del manguito rotador actúan concéntricamente durante la fase de aceleración del tiro y los músculos externos del manguito rotador actúan de forma excéntrica durante la fase de desaceleración. Adicional a esto, los músculos RE tienen la doble tarea de desacelerar el brazo y, al mismo tiempo, mantener la estabilización dinámica de la articulación GH, lo que desarrollaría un déficit en el balance entre ambos grupos musculares, explicando una posible relación con la aparición de lesiones en la articulación de hombro (Braun, 2009).

En referencia a la alteración del balance muscular antes mencionada, es relevante indicar que la fuerza de RI fue en promedio menor que la de los RE. Resultando esto, contrario a un estudio realizado por Andrade en 2010 donde participaron 27 handbolistas mujeres profesionales, a las cuales se les realizó una evaluación isocinética concéntrica y excéntrica de músculos RI y RE, las que obtuvieron una diferencia significativa entre ambos grupos musculares, siendo los RI capaces de generar mayor fuerza concéntrica que los RE. (Andrade, et al., 2010). Esta disparidad en los resultados la podríamos adjudicar a la posición en la que se llevó a cabo la evaluación de fuerza, la cual refiere un factor de inestabilidad importante para la articulación GH, lo que podría haber influenciado en los resultados. Dado que, quizás, las jugadoras finalizaban las repeticiones por un tema de aprehensión en el hombro y no por un tema de fuerza.

Por otra parte, se ha propuesto que la normalidad de esta relación muscular debe tener un porcentaje mínimo aproximado entre el 65-70% entre RI/RE. (Egret, 2000). Esto coincide con los resultados obtenidos por las jugadoras que no sufrieron lesiones en este estudio, las cuales tuvieron un promedio de  $86\% \pm 8,2$ . Lo anterior hace referencia a la importancia de un equilibrio óptimo entre los músculos de RI y RE, los cuales colaboran en la mantención de la estabilidad de la articulación GH y también a conservar con eficacia una posición central de la cabeza humeral (Edouard, et al., 2012). Esta estabilidad articular la entregan los músculos deltoides, supraespinoso, infraespinoso, serrato anterior y trapecio

superior los cuales trabajan de manera concéntrica aumentando su actividad EMG para poder centrar la cabeza humeral en la glenoides y estabilizar la escápula, previniendo tracciones anteriores de la cabeza humeral sobrecargando estructuras como capsula anterior o la banda anterior del ligamento GH inferior y además proporcionan estabilidad escapular, disminuyendo el riesgo de lesión.

Sobre las limitaciones del estudio determinamos que, las instancias en las que se encontraba el club fueron un elemento importante, puesto que, el ideal sería evaluar desde antes del comienzo de la liga nacional de balonmano femenino, así tendrían un fixture más competitivo y eso podría favorecer una mayor aparición de lesiones. Además de tener un periodo de seguimiento más prolongado al presentado en este estudio.

Por otro lado, existieron factores que no se controlaron, como fueron el tiempo de descanso, alimentación, hidratación, medicamentos, suplementos, estado de salud previa del deportista, si realizaba otro deporte que implicara MMSS, etc. Factores que pueden generar un cambio en la muestra, lo que podría implicar posibles cambios en los resultados de las evaluaciones.

Tomando en cuenta que, la muestra de nuestro estudio fue pequeña y el periodo de seguimiento fue corto, no se podría extrapolar a la población general del balonmano, la relación de la aparición de éste tipo de lesiones con las variables mencionadas.

Otro elemento limitante fue la variación interevaluador a la hora de los diagnósticos médicos, puesto que era muy dificultoso que todas las jugadoras lesionadas fueran evaluadas por el mismo profesional médico, entendiéndose que ellas tenían distintas opciones para obtener una atención médica, ya sea por ingreso familiar, convenios, previsión médica, etc.

El control de la muestra aparece como otra circunstancia limitante importante, debido a varios factores. Primero que todo, en relación a los extensos tiempos de

evaluación (14 días), lo cual generó que algunas jugadoras tuvieran un mayor tiempo de exposición para lesionarse que otras. Esto debido a la imposibilidad de evaluarlas a todas el mismo día (que sería lo ideal), ya que dependíamos de los horarios que nos asignara el gimnasio de musculación de la Universidad Finis Terrae, y también de los horarios disponibles de las mismas jugadoras. Por otra parte, no se controló de forma personalizada las horas de competencia de cada jugadora, considerando que obviamente no todas jugaron los mismos minutos, teniendo así diferencias en la exposición para sufrir lesiones.

En relación a las evaluaciones, existen métodos más objetivos para la obtención de resultados que los métodos usados en nuestro estudio. Por ejemplo, la medición de la fuerza por medio de celdas de fuerzas o equipos isocinéticos hubiesen sido evaluaciones más exactas, pero que por su costo de operación no fueron accesibles para nuestro estudio.

Una posible proyección relacionada con este tema, sería la realización de un programa de prevención de lesiones de origen no traumático para el complejo de hombro, incluyendo un protocolo de ejercicios que aborden las variables mencionadas en este estudio y observar si es que existe una disminución en la incidencia de lesiones.

Otro tópico que sería interesante investigar sería la relación de las alteraciones de estas variables y su implicancia en el rendimiento deportivo.

## CONCLUSION

Con lo observado en el desarrollo de este estudio, sumado a los resultados obtenidos en el mismo, debemos aceptar la hipótesis H0, la cual refiere que, no existe relación entre las variables de control escapular, balance muscular y movilidad de hombro con la aparición de lesiones de origen no traumático en handbolistas mujeres.

Esto debido a que, la movilidad de hombro al no cumplir con el nivel de significancia del estudio, resulta en que solo dos de las tres variables mencionadas obtuvieron resultados estadísticamente significativos, no cumpliendo con lo expresado en la hipótesis.

## BIBLIOGRAFIA

- Almeida, M., et al. (2013) Handball goalie's elbow syndrome: A systematic review. *International medical Science journal physical activity and sport*, 13(52), 831-844.
- Åman, M., Forssblad, M., & Henriksson-Larsén, K. (2015). Incidence and severity of reported acute sports injuries in 35 sports using insurance registry data. *Scand J Med Sci Sports*. 26(4), 451-462.
- Andrade, M. S., et al. (2010). Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players. *J Sports Sci*, 28(7), 743-749.
- Andrade, M. S., et al. (2013). Shoulder isokinetic profile of male handball players of the Brazilian National Team. *Braz J Phys Ther*, 17(6), 572-578.
- Andrade, M. S., et al. (2013). Profiling the isokinetic shoulder rotator muscle strength in 13- to 36-year-old male and female handball players. *Phys Ther Sport*, 14(4), 246-52.
- Bass, E. (2012). Tendinopathy: Why the Difference Between Tendinitis and Tendinosis Matters. *International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork*. 5(1), 14-17.
- Bere, T., et al. (2015). Injury and illness surveillance during the 24th Men's Handball World Championship 2015 in Qatar. *Br J Sports Med*, 49, 1151–1156.
- Bernal, L. (2012). *Oposiciones de Fisioterapia*. Madrid, España: Bernalpro.
- Braun, S., Kokmeyer, D. & Millett, P. (2009). Shoulder Injuries in the Throwing Athlete. *J Bone Joint Surg Am*, 91, 966-78.
- Burkhart, S., Morgan, C., & Kibler, W. (2003): The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology. Part I: Pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy*, 19, 404–420.

- Buss, D. (2003). Acromioclavicular Injuries in the Throwing Athlete. *Clin Sports Med*, 22(2), 27-41
- Caine, D., Harmer, P. & Schiff, M. (2010). *Epidemiology of injury in Olympic Sports*. 1ra ed. Wiley – Blackwell.
- Cools, A., et al. (2004). Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *Br J Sports Med*, 38, 64–68.
- Cools, A., et al. (2014). Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. *Br J Sports Med*, 48, 692–697.
- Clarsen, B., et al. (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. *Br J Sports Med*, 0, 1–7.
- Crockett, H., et al. (2002): Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.*, 30, 20–26.
- Eckenrode, B., Kelley, M. & Kelly, J. (2012). Anatomic and Biomechanical Fundamentals of the Thrower Shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev*, 20, 2–10.
- Edouard, P., et al. (2013). Shoulder Strength Imbalances as Injury Risk in Handball. *Int J Sports Med*, 34, 654–660.
- Egret, C., et al. (2000). Effets d'une pratique sportive intensive sur les ratio musculaires agonistes/antagonistes de l'épaule. *Cinesiologie la Revue internationale des Medecins du sport*. 39(189), 11-15.
- Escamilla, R., Andrews. (2009). Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sports med*. 39(7), 569-590.
- Fieseler, G., et al. (2015). Reprint of: Range of motion and isometric strength on shoulder joints of team handball athletes during the playing season, part II: changes after midseason. *Sports Orthop. Traumatol*, 31, 54–62.

- Fuentes, MC. (2014). *Incidencia de lesiones más frecuentes en jugadores de Handball en la Ciudad de La Rioja*. Instituto Universitario Facultad de Medicina H.A. Barceló, La Rioja, Argentina.
- Genevois, C., et al. (2014). Effects of 6-Week Sling-Based Training of the External-Rotator Muscles on the Shoulder Profile in Elite Female High School Handball Players. *Journal of Sport Rehabilitation*. 23, 286-295.
- Gutiérrez, H., et al. (2014). Validez y Confiabilidad de la evaluación dinámica de las alteraciones de la cinemática escapular a través de criterios visuales. *Revista científica de escola da Saúde*, 4(2), 19-36.
- Harwood, M. & Smith, C. (2004). Superior labrum, anterior–posterior lesions and biceps injuries: diagnostic and treatment considerations. *Prim Care Clin Office Pract*, 31, 831–855.
- Hung, CJ. Hsieh, CL., Yang, PL. & Lin, JJ. (2010). Relationship between posterior shoulder muscle stiffness and rotation in patients with stiff shoulder. *J Rehabil Med*, 42, 216–220.
- Jimenez, A., & De Paz, J. (2008). Application of the 1RM estimation formulas from the RM in bench press in a group of physically active middle-aged women. *Journal of Human sport and exercise*, 3, 10-22.
- Jordan, R. (2013) Conceptualización de la cinemática escapular disfuncional, que sabemos hoy según medicina basada en evidencia. *Rev CKCH*. 32(1), 1-23.
- Kaczmarek, P. (2014). Shoulder problems in overhead sports. Part I - biomechanics of throwing. *Pol Orthop Traumatol*, 79, 50-8.
- Kibler, WB. & Thomas, S. (2012) Pathomechanics of the Throwing Shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev*, 20, 22–29.
- Kibler, WB. et al. (2013). Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the ‘scapular summit’. *Br J Sports Med*, 47, 877–885.

- Kirschke, A., et al. (2006). The fullerton fitness test as an index of fitness in the elderly. *Medical Rehabilitation*, 10(2), 9-16.
- Koren, E. (2010). *Injuries in men's elite handball: A review of the literature*. Faculty of Medicine, University of Oslo, Oslo, Noruega.
- Laver, L. & Myklebust, G. (2014). Handball Injuries: Epidemiology and Injury Characterization. *Sports Injuries*, 1-27
- Malchaire, J. (1998). *Estrategia de prevención, lesiones del miembro superior por trauma acumulativo*. 2da. Edición. Universidad católica de Lovaina. Lovaina.
- Matsen, F. (2006). Principles For The Evaluation and Management of Shoulder Instability. *J.of Bone and Joint Sur*, 88(3), 648-59.
- Menayo, R., et al. (2005). Articular range of motion protocol on shoulder joint over wheelchair tennis players. *Fisioterapia*, 27(5), 244-249.
- Michalsik, LB., Madsen, K., & Aagaard, P. (2015). Technical match characteristics and influence of body anthropometry on playing performance in male elite team handball. *J Strength Cond Res*, 29(2), 416–428.
- Moreno C., Rodríguez V. & Seco J. (2008). Epidemiology of sports injuries. *Fisioterapia*. 30(1), 40-48.
- Mjolsnes, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 14(5), 311-317.
- Niederbracht, Y., et al. (2008). Effects of a shoulder injury prevention strength training program on eccentric external rotator muscle strength and glenohumeral joint imbalance in female overhead activity athletes. *J Strength Cond Res*, 2(1), 140-145.
- Niewiadomski W., et al. (2008). Determination and Prediction of One Repetition Maximum (1RM): Safety Considerations. *Journal of Human Kinetics*, 19, 109-120.
- Naclerio, F. (2011). *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

- Olsen, O., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I. & Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 330, 449, 1-7.
- Page, P. (2011). Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(1), 51-58.
- Phillips, A., & Hornak, J. (1979). Measurement and evaluation in physical education. *International journal of multidisciplinary research and development*, 9(2), 428-430.
- Picha, K., Harding, J. & Huxel, K. (2016). Glenohumeral and hip range-of-motion and strength measures in youth baseball athletes. *Journal of Athletic Training*, 51(6), 466–473.
- Reinold, M., et al. (2010). Current Concepts in the Evaluation and Treatment of the Shoulder in Overhead Throwing Athletes, Part 2: *Injury Prevention and Treatment*. *Sports Health*, 2(2), 101-115.
- Sole, G., et al. (2014). Electromyographic response of shoulder muscles to acute experimental subacromial pain. *Man Ther.* 19(4) 343-348.
- Taylor, J., Wright, A., Smoliga, J., DePew, T. & Hegedus, E. (2016). Upper-Extremity Physical-Performance Tests in College Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(2), 146 -154.
- Tonin, K., et al. (2013). Adaptive changes in the dominant shoulders of female profesional overhead athletes: mutual association and relation to shoulder injury. *Int J Rehabil Res.* 36(3), 228-235.
- Tucci, H., et al. (2014). Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability test (CKCUES test): a reliability study in persons with and without shoulder impingement syndrome. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1).
- Ugalde C., et al. (2013). Actualización del síndrome de hombro doloroso: lesiones del manguito rotador. *Medicina Legal de Costa Rica*; 30(1), 63-71.
- Vlak, T & Pivalica, D. (2004). Handball: The Beauty or the Beast. *Croat Med J.* 45(5), 526-530

- Weber, A., et al. (2014). The Biomechanics of Throwing: Simplified and Cogent. *Sports Med Arthrosc Rev*, 22, 72–79.
- Wilk, K., Meister, K. & Andrews, J. (2002): Current concepts in the rehabilitation of the Overhead athlete. *Am. J. Sports Med.*, 30, 136–151.
- Wilk, K., et al. (2009). Shoulder injuries in the overhead athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*, 39(2), 38-54.
- Wilk, K., et al. (2011): The correlation of glenohumeral joint internal rotation deficit (GIRD) and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.*, 39, 329–335.
- Worsley, P., et al. (2013) Motor control retraining exercises for shoulder impingement effects on function, muscle activation and biomechanics in young adults. *J Shoulder Elbow Surg*. 22(4), 11-19.
- Wollner, M. & Edil, S. (2009). Prediction of one repetition maximum strength (1RM) base on a submaximal strength in adult males. *Isokinetics and exercise Science*. 17(4): 189-195.
- Yildiz, Y., et al. (2006). Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios in overhead athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 16(3), 174-80.

## ANEXOS

### Anexo 1

**Tabla 1. Fórmulas de predicción de 1RM**

<b>Autor</b>	<b>Ecuación predicción 1RM</b>
Bryzcki (1993)	$1RM=100 \cdot pR / (102,78 - 2,78 \cdot nR)$
Epley (1985)	$1RM=(1+0,0333 \cdot nR)pR$
Lander (1985)	$1RM= 100 \cdot pR / (101,3 - 2,67123 \cdot nR)$
Mayhew et al. (1992)	$1RM=100 \cdot pR / (52,2 + 41,9 \cdot e^{-0,055 \cdot nR})$
O'conner et al. (1989)	$1RM=pR(1+0,025 \cdot nR)$
Wathen (1994)	$1RM=100 \cdot pR / (48,8 + 53,8 \cdot e^{-0,75 \cdot nR})$

pR: Peso de la repetición obtenida; nR: Número de repeticiones obtenidas

En la tabla se proponen diversas fórmulas que se han desarrollado con el fin de determinar de manera submáxima el cálculo de 1RM (Jimenez & De paz; 2008).

## Anexo 2

### **Consentimiento Informado utilizado en el estudio**

**Nombre del Estudio:** ``Relación entre la incidencia de lesiones no traumáticas en la articulación glenohumeral con respecto a las variables de fuerza, flexibilidad, balance muscular y control escapular en jugadores de balonmano``.

**Evaluadores:** Alumnos de 5º año de kinesiología de la Universidad Finis Terrae. José Gatica Soto; Matías Guzmán Mella; Nicolás Pinto Catalán.

**Nº de Teléfono:** +569 84051933

**Mail:** [mguzmanm@uft.edu](mailto:mguzmanm@uft.edu), [jgaticas@uft.edu](mailto:jgaticas@uft.edu), [npintoc@uft.edu](mailto:npintoc@uft.edu)

**Lugar:** Universidad Finis Terrae.

### **Introducción:**

El propósito de esta información es ayudarle a tomar la decisión de participar, (o permitir participar a su hijo/hija o representado) –o no- en una investigación, y, si es el caso, para autorizar el uso de muestras humanas o información personal.

Antes de que decida participar en el estudio por favor lea este consentimiento cuidadosamente. Aclare todas sus dudas, para asegurarse de que entienda los procedimientos del estudio, incluyendo riesgos y beneficios.

### **Importante:**

Estas hojas de consentimiento informado pueden tener palabras que usted no entienda. Por favor preguntar a los investigadores del estudio para que le explique cualquier palabra o información que usted no entienda claramente.

### **Propósito del Estudio:**

Usted ha sido invitado/invitada a participar de este estudio por que pertenece al grupo que se someterá a la investigación, cumpliendo con los requisitos de inclusión del estudio.

El propósito de este estudio es determinar la relación que existe entre la alteración de las variables a medir (Fuerza, Flexibilidad, Balance y Control escapular), y la aparición de lesiones que no sean lesiones por traumatismo directo, con la finalidad de obtener información de base que nos permita evitar perdida de jugadores por lesiones no traumáticas.

### **Participantes del estudio:**

El estudio es completamente voluntario. Usted puede participar o no, si decide participar y durante el estudio se retira no será sancionado, ni perjudicado en su equipo.

Para este estudio se tendrá en cuenta Jugadores Nacionales de balonmano.

### **Procedimiento:**

Este estudio se realizará en jugadores de balonmano, Chilenos, pertenecientes a un club nacional de balonmano.

Se medirán 4 variables (Flexibilidad, Fuerza, Balance muscular y control Escapular), que se realizaran con 4 Test certificados.

Las 4 mediciones tienen un tiempo estimado de 20 minutos, donde se podrá agendar la hora previamente para no tener problemas de tiempo.

La primera variable a evaluar será la flexibilidad de la musculatura estabilizadora de hombro, la cual será medida en centímetros a través del "Back Scratch Test".

En segundo lugar, se medirá la variable de fuerza de rotadores de hombro, la que será evaluada en kilogramos mediante el cálculo de 1RM con el método dinámico de cargas crecientes directas de Delorme y Watkins.

La tercera variable a evaluar será el balance muscular entre rotadores de hombro, el que será calculado en relación al torque máximo de rotadores externos e internos de hombro a través de la obtención de 1RM de rotadores externos e internos de hombro multiplicado por la longitud del miembro a evaluar.

Por último se evaluará control escapular que será medido con el CKCUES Test y UQYBT Test.

La información obtenida se guardará en una base de datos, que nos permitirá relacionar estas medidas con posibles lesiones no traumáticas.

**Beneficios:**

Nos permitirá obtener información de suma importancia para poder evitar lesiones no traumáticas en deportistas de balonmano, determinando la relación que existe entre alteraciones de las variables a medir y aparición de lesiones.

Pudiendo ser usted beneficiado con los resultados obtenidos de nuestra intervención.

**Riesgos o incomodidades:**

Los riesgos de este estudio son bajos, ya que las evaluaciones que realizaremos son de baja demanda física para los deportistas, siendo la fatiga en la evaluación de fuerza una de las incomodidades más riesgosa.

**Confidencialidad de la información:**

Toda información obtenida será confidencial, es posible que sus resultados salgan en un estudio, pero sin salir su identificación, Manteniendo su privacidad.

**Derecho a retirarse del estudio de investigación:**

Su participación en esta investigación es completamente voluntaria.

Usted puede retirarse o retirar a su representado del estudio en cualquier momento, siendo un estudio totalmente voluntario. Sin embargo, los datos obtenidos hasta ese momento seguirán formando parte del estudio a menos que Usted solicite expresamente que su información sea borrada de nuestra base de datos.

**Preguntas:**

Si presenta algunas dudas de esta investigación puede contactarse con los evaluadores responsables del estudio, llamando o vía email, información que se encuentra en la primera plana.

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad Finis Terrae. Si tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en una investigación médica, usted puede escribir al correo electrónico: [cec@uft.cl](mailto:cec@uft.cl) del Comité ético Científico, para que el presidente, Dr. Patricio Ventura-Juncá lo derive a la persona más adecuada.

**\*Consentimiento de Apoderado (Menores de 18 años):**

Este punto va dirigido a deportistas menores de edad, que para poder participar en este estudio, se necesitara el conocimiento de los padres del consentimiento y su firma aceptando la participación en el estudio de su pupilo.

**Declaración de consentimiento:**

- Se me ha explicado el propósito de esta investigación, los procedimientos, los riesgos, los beneficios y los derechos que me asisten (o a mi hijo/hija, familiar o representado) y que me puedo retirar (o a mi hijo/hija, familiar o representado) de ella en el momento que lo desee.
- Firmo este documento voluntariamente, sin ser forzado/forzada a hacerlo.
- No estoy renunciando a ningún derecho que me asista (o a mi hijo/hija, familiar o representado).
- Se me comunicará de toda nueva información relacionada con el estudio del fármaco / equipo / otro que surja durante la investigación y que pueda tener importancia directa para mí o mi representado (o a mi hijo/hija, familiar o representado).
- Se me ha informado que tengo el derecho a reevaluar mi participación (o la de mi hijo/hija, familiar o representado) en esta investigación según mi parecer y en cualquier momento que lo desee.

-----

Nombre Deportista

-----

Fecha

-----

Firma Deportista

\*-----

Nombre apoderado

\*-----

Firma Apoderado

-----

Nombre de Investigador a cargo

-----

Firma de Investigador a cargo

Anexo 3

**Imágenes del Test de “Back Scratch Test”**



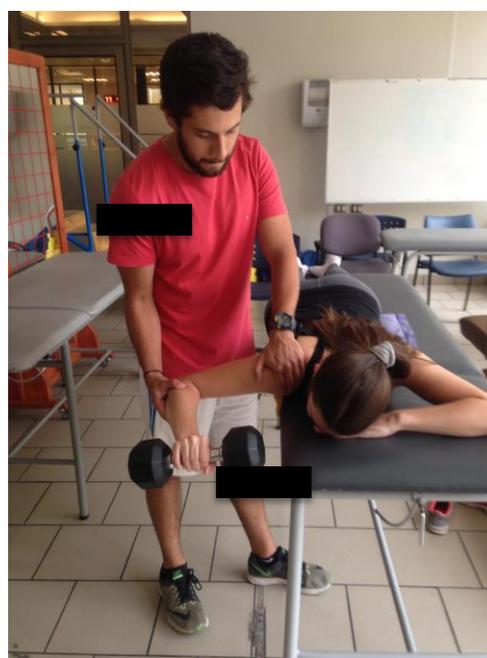
#### Anexo 4

#### **Imagen del calentamiento con el cicloergómetro**



#### Anexo 5

#### **Imágenes del Test de Fuerza**



Anexo 6

**Imágenes del test “CKCUEST”**



## Anexo 7

### Planilla Excel Utilizada

Sujeto	Edad	Talla	Peso	Lateralidad	Posición	Flexibilidad Dº (cm)	Flexibilidad Iº (cm)	CKQUEST	Fuerza RE (kg)	Fuerza RI (kg)	Balance Musc. (%)	T. De Entr. (Hrs)	T. De Comp. (Hrs)	Lesión
1	21	163	61	Iº	Extremo	10	5	29	15	13	88	56	8	0
2	16	157	53	Dº	Extremo	4	-10	33	27	22	81	56	8	0
3	15	155	50	Dº	Lateral	9	-14	31	26	22	84	50	7	0
4	20	159	58	Iº	Extremo	6	-4	29	20	15	75	48	3	0
5	19	164	56	Iº	Pivote	-9	2	29	31	23	74	58	9	0
6	18	160	52	Dº	Portera	2	-1	28	12	5	41	54	4	1
7	23	159	60	Dº	Extremo	-9	-16	26	20	19	95	48	3	0
8	22	167	61	Dº	Central	9	2	32	18	15	83	54	4	0
9	20	153	53	Iº	Lateral	2	2	32	27	13	48	50	7	1
10	17	155	55	Dº	Portera	-11	-14	34	27	23	85	48	9	0
11	17	164	58	Dº	Central	10	5	34	20	20	100	48	9	0
12	15	176	63	Dº	Pivote	8	5	32	21	21	100	68	10	0
13	17	176	72	Dº	Pivote	12	8	36	16	16	100	68	10	0
14	18	162	67	Dº	Extremo	-3	-4	30	20	16	80	66	6	0
15	15	153	52	Iº	Extremo	8	8	28	12	5	41	66	6	1
16	16	161	55	Dº	Lateral	0	0	30	22	17	77	66	6	0
17	16	158	51	Dº	Central	8	6	28	18	15	83	64	6	0
18	14	162	76	Dº	Extremo	0	0	22	14	6	42	64	6	1
19	16	157	55	Dº	Lateral	-7	-11	28	13	12	92	64	6	0
20	20	163	58	Dº	Central	-5	-17	30	15	14	92	62	9	0
21	15	155	57	Dº	Portera	-6	-7	32	20	16	80	60	5	0
22	15	163	57	Dº	Central	5	3	30	26	22	84	60	5	0
23	23	268	60	Dº	Central	0	3	28	27	13	48	62	9	1
24	24	277	73	Dº	Portera	9	4	27	24	11	46	62	9	1
25	24	263	58	Dº	Portera	8	3	24	12	10	83	60	5	0

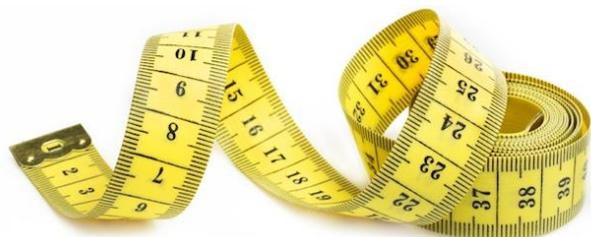
## Anexo 8

### Pesas utilizadas en la evaluación



## Anexo 9

### Huinchas utilizadas en las evaluaciones de Flexibilidad y CKCUEST



## Anexo 10

### Tabla Excel con promedio de las evaluaciones de Control escapular, Fuerza y Balance muscular con relación en lesionados y no lesionados.

	Control escapular (N° toques)		Fuerza Rotación externa (Kg)		Fuerza Rotación interna (Kg)		Balance muscular (%)	
	Lesionados	No lesionados	Lesionados	No lesionados	Lesionados	No lesionados	Lesionados	No lesionados
<b>N</b>	6	19	6	19	6	19	6	19
<b>Promedio</b>	28	30	19	20	8,8	17	44	86
<b>DE</b>	3,2	2,9	7,4	5,2	3,9	4	3,4	8,2
<b>Mínimo</b>	22	24	12	12	5	10	41	74
<b>Máximo</b>	32	36	27	31	13	23	48	100
<b>Valor P</b>	<b>0,0182*</b>		<b>0,3594</b>		<b>0,0001*</b>		<b>&lt;0,0001*</b>	

## Anexo 11

Tabla Excel con promedios de la evaluación Back Scratch Test con relación entre lesionados y no lesionados.

Derecha	Lesionados	No lesionados	% lesionados	Valor P
Normal	6	12	33,33	0,1048
Alterado	0	7	0	

Izquierda	Lesionados	No lesionados	% lesionados	Valor P
Normal	5	10	33,33	0,1978
Alterado	1	9	10	

## Anexo 12

Tabla Excel con promedio entre lesionados y no lesionados con relación a tiempo en actividad

Lesiones por 1000 hrs actividad	3,6
---------------------------------	-----

	Tiempo entrenamiento (hrs)		Tiempo competencia (hrs)		Tiempo total (hrs)	
	Lesionados	No lesionados	Lesionados	No lesionados	Lesionados	No lesionados
<b>N</b>	6	19	6	19	6	19
<b>Promedio</b>	60	59	6,8	6,7	67	66
<b>DE</b>	6,3	6,2	1,9	2,3	7	7,5
<b>Mínimo</b>	50	48	4	3	57	51
<b>Máximo</b>	66	68	9	10	72	78
<b>Valor P</b>	0,4045		0,4548		0,3331	