



Universidad de Valparaíso

Facultad de Medicina

Carrera de Kinesiología

# Influencia de fatiga muscular lumbar y años de entrenamiento deportivo para predecir dolor lumbar agudo en deportistas de balonmano amateur de la Universidad de Valparaíso, Club deportivo Luterano y Club Santiago Wanderers, Valparaíso, Chile.

**TESINA DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN  
KINESIOLOGÍA**

**AUTORES: SEBASTIÁN ARAYA ADRIASOLA**

**LORETO SOTO LOAIZA**

**DIANA TAPIA BARRAZA**

**PROFESOR GUÍA: ANGELO BARTSCH JIMENEZ.**

**DOCENTE DE KINESIOLOGÍA**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO**

**KLGO, MSc.**

Valparaíso - Chile

2016



**Influencia de fatiga muscular lumbar y años de entrenamiento deportivo para predecir dolor lumbar agudo en deportistas de balonmano amateur de la Universidad de Valparaíso, Club deportivo Luterano y Club Santiago Wanderers, Valparaíso, Chile.**

**TESINA DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

**AUTORES: SEBASTIÁN ARAYA ADRIASOLA  
LORETO SOTO LOAIZA  
DIANA TAPIA BARRAZA**

**PROFESOR GUÍA: ANGELO BARTSCH JIMENEZ.  
DOCENTE DE KINESIOLOGÍA  
FACULTAD DE MEDICINA  
UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO  
KLGO, MSc.**

Valparaíso - Chile

2016

*Agradezco a mi familia, amigos, profesores y a la vida por darme la posibilidad de desarrollarme como persona y como profesional.*

*Sebastián.*

*A mis padres por su esfuerzo, su confianza, a mi familia, amigos que me han apoyado siempre.*

*Diana.*

*Agradezco a mis padres, hermanas y familia, por su esfuerzo y apoyo incondicional y por brindarme la posibilidad de desarrollarme como profesional, a mis amigos y compañeros que se convirtieron en mi segunda familia.*

*Loreto.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A nuestro querido tutor, el Klgo. Angelo Bartsch, por la capacidad de entrega de conocimientos y ayuda incondicional, recalando su objetividad, paciencia y buen ánimo, en búsqueda de nuestro objetivo.*

*A los Klgos. Leopoldo Galindo y Carolyn Howard por su desinteresada cooperación y participación en el desarrollo de nuestro proyecto, en base a opiniones y comentarios realizados.*

*A nuestros correctores por ayudarnos en el orden y claridad final de nuestra investigación, de forma certera y concisa.*

*Al Director deportivo de la Universidad de Valparaíso, Don Carlos Césped, por su disposición y ayuda frente a los requerimientos de espacio físico y utilidades para realizar la intervención realizada en la investigación.*

*Al estudiante de Ingeniería civil industrial de la UTFSM, Joaquín Salinas, por su buena disposición al respaldarnos en el análisis estadístico de la investigación.*

*A los deportistas participantes de la Universidad de Valparaíso, Club Deportivo Luterano de Valparaíso y al Club de Balonmano Santiago Wanderers.*

*A los técnicos Gerardo Reyes, Gustavo Pérez y Gonzalo Filippi, por ser los vínculos de comunicación con las instituciones deportivas y su buena disposición a ayudar.*

## ÍNDICE

ABSTRACT	xiii
RESUMEN	xiv
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- MARCO TEÓRICO	4
2.1 Balonmano	4
2.2 Dolor lumbar- introducción	4
2.2.1 Etiología del dolor lumbar	5
2.2.2 Etiología: nocicepción crónica	6
2.2.3 Etiología anátomo-patológica	7
2.2.4 Síndrome Dolor Lumbar Agudo	7
2.2.5 Sensibilización central	8
2.3.- Evaluación	8
2.4.- Diagnóstico	9
2.6.- Musculatura estabilizadora y movilizadora	10
2.6.1 Piso pélvico y diafragma	15
2.6.2 Sistema de estabilización vertebral	15
2.7.- Prevención	16
2.8.1 Fatiga muscular periférica	23
2.9.- Prueba de Biering Sorensen	25
3.- HIPÓTESIS	31
4.- OBJETIVOS	32
4.1 Objetivo General	32
4.2 Objetivos Específicos	32
5.- MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1 Población	33
5.4 Diseño	34
5.6 Procedimientos	36
5.8 Análisis Estadístico	40
6.- RESULTADOS	41

6.2 Diferencias entre antes y después de la aplicación del protocolo de fatiga	42
6.2.1 Prueba Q – Cochrane	43
6.3 Ecuación de la regresión lineal múltiple	45
6.3.1 Pruebas parciales	47
6.3.2 Prueba global	49
6.5 Puntos inusuales y palancas	51
6.6 Colinealidad	52
7.- DISCUSIÓN	55
8.- CONCLUSIÓN	63
9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
10.- ANEXOS	69
10.1 Entrevista Participantes Protocolo de Investigación	69
10.2 Consentimiento informado	70
10.3 Escala Visual Análoga	75
10.4 Resultados de la muestra	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de variables de estudio.....	35
<b>Tabla 2.</b> Datos estadísticos de la muestra que presentó variaciones en la variable dependiente, después de realizar la prueba de Biering Sorensen.....	42
<b>Tabla 3.</b> Comparación entre el nivel de dolor previo y posterior. Prueba de Biering Sorensen.....	43
<b>Tabla 4.</b> Ecuación de regresión.....	46
<b>Tabla 5.</b> ANOVA.....	46
<b>Tabla 6.</b> Coeficiente de determinación.....	49
<b>Tabla 7.</b> Coeficientes.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ejercicio de aplanamiento abdominal en posición decúbito supino utilizando esfigmomanómetro para monitorear la posición.....	19
<b>Figura 2.</b> Ejercicio aplanamiento abdominal en posición decúbito supino con lordosis natural combinado con flexión simultánea de extremidad superior y extremidad inferior.....	19
<b>Figura 3.</b> Ejercicio en cuadrupedia con co-contracción de TrA y multifídeos.....	20
<b>Figura 4.</b> Ejercicio en cuadrupedia con co-contracción y flexión de hombro y extensión de cadera de forma simultánea.....	21
<b>Figura 5.</b> Extensión de tronco en posición de decúbito prono con tensión abdominal.....	22
<b>Figura 6.</b> Ejercicio de puente lateral manteniendo la tensión abdominal.....	22
<b>Figura 7.</b> Gráfico de comparación entre nivel de dolor previo y posterior de la prueba de Biering Sorensen.....	43
<b>Figura 8.</b> Gráfico de análisis de Regresión lineal múltiple entre Dolor Posterior y Tiempo de Duración.....	48
<b>Figura 9.</b> Gráfico de análisis de Regresión lineal múltiple entre Dolor Posterior y Años de Entrenamiento.....	48

<b>Figura 10.</b> Gráfico de distribución normal entre datos de los residuos estandarizados y sus porcentajes respectivos.....	51
<b>Figura 11.</b> Gráfico de correlación entre variables Años de entrenamiento y Tiempo de duración.....	53

## ABREVIATURAS

- **EMG:** Electromiografía
- **SNC:** Sistema Nervioso Central
- **SC:** Sensibilización Central
- **ANSE:** Activación Neuromuscular Selectiva de Estabilización
- **EVA:** Escala Visual Análoga
- **TrA:** Transverso del abdomen
- **CBT:** cabeza, brazos y tronco

## ABSTRACT

Previous studies describe the pain alters the EMG activity in low back. In addition, the muscles related experience peripheral muscle fatigue on a short time when performing an aerobic exercise.

Based on this problem, the following research aims to assess whether provocation of peripheral muscle fatigue at the level of lumbar spine, by testing Biering Sorensen is related to the perception of acute pain in amateur handball players of two sports teams and one university sport team of Valparaiso' s region.

Individuals were included in one experimental group. Each of them are given a previous questionnaire obtained mainly information from years respective training handball along with previous perception of acute low back pain experiences after a training session. Then, they performed the aforementioned test setting the duration of this and, at the same time, evaluating the acute low back pain using EVA, before and after the test is completed. The research corresponds to an open clinical trial.

The results of the group were measured based on the duration of the test, level of pain and years of athletic training.

There were significant differences in pain variable, between before and after test.

The results showed that duration and years of athletic training variables as a whole, can predict acute low back pain of amateur handball players of the university and teams analyzed.

The results confirmed the research hypothesis raised in this study.

**Keywords:** acute low back pain, peripheral muscle fatigue, years of training, handball players.

## RESUMEN

Estudios previos describen que el dolor altera la actividad muscular en columna lumbar. Además, la musculatura relacionada sufre fatiga muscular periférica en un corto período al realizar ejercicio aeróbico.

Basado en esta problemática, la siguiente investigación tiene como propósito evaluar si la provocación de fatiga muscular periférica a nivel de columna lumbar, mediante la prueba de Biering Sorensen, se relaciona con la percepción de dolor agudo, en jugadores de balonmano amateur de dos clubes deportivos y un equipo universitario de la región de Valparaíso.

Los individuos fueron incluidos en un solo grupo experimental. A cada uno, se le aplicó un cuestionario previo, obteniendo, principalmente, la información de los años de entrenamiento de balonmano respectivos, junto con las experiencias previas de percepción de dolor lumbar agudo posterior a una sesión de entrenamiento. Luego, se les realizó la prueba ya mencionada, estableciendo el tiempo de duración de ésta y, la vez, evaluando el dolor lumbar agudo mediante EVA, antes y después de finalizar la prueba. La investigación corresponde a un ensayo clínico abierto.

Los resultados se midieron en base al tiempo de duración de la prueba, nivel de dolor y años de entrenamiento deportivo.

Hubo diferencias significativas en la variable dolor, entre el antes y el después de la aplicación de la prueba de Sorensen.

Los resultados obtenidos indicaron que las variables tiempo de duración y años de entrenamiento, en su conjunto, pueden predecir el dolor lumbar agudo en jugadores de balonmano amateur de los clubes y universidad analizados.

Los resultados descritos confirman la hipótesis de investigación planteada en el estudio.

**Palabras claves:** dolor lumbar agudo, fatiga muscular periférica, años de entrenamiento, jugadores de balonmano.



## 1.- INTRODUCCIÓN

La prevalencia del dolor lumbar en la población general es de un 85-90%, y en atletas varía de 30- 85%, representando esta condición un 10-15% de todas las lesiones relacionadas al deporte. Los atletas a menudo reclutan o transfieren altos niveles de fuerza por la zona posterior del cuerpo de manera repetitiva, como es en el caso del deporte balonmano. Esto es un aspecto importante en el aumento de los episodios de dolor lumbar en esta población (Lundin et al., 2001; Ong et al., 2003).

El reclutamiento coordinado del sistema muscular local y global durante las actividades funcionales aseguran que la estabilidad de la columna se mantenga. Existen terapias de rehabilitación que involucran el aumento de fuerza de musculatura estabilizadora local dinámica de columna lumbar, previniendo una inestabilidad mecánica, que es la “pérdida del control motor de un segmento articular con desplazamiento de su superficie articular más allá de la zona neutra vertebral, que puede o no estar acompañada de signos y síntomas neurológicos” (Modificado de Panjabi, 1992) y, con ello, la aparición de episodios de dolor. Kiesel et al. (2012) indujeron dolor de forma experimental, concluyendo que éste altera la actividad EMG del multifido lumbar, un estabilizador local de columna lumbar.

Los deportistas de resistencia aeróbica, que mantienen actividad muscular por largo período dentro de una sesión de entrenamiento, están propensos a presentar fatiga muscular periférica, por una depleción de los contenidos de glucógeno muscular y, con ello, una alteración de la liberación de calcio desde el retículo sarcoplasmático al citosol de la célula muscular (Gejl et al., 2014), provocándose, finalmente, la inestabilidad dinámica de columna lumbar mencionada anteriormente, forzando así, la estabilidad pasiva dada por estructuras articulares. (Modificado de Panjabi, 1992).

Por otro lado, es conocido que en deportistas jóvenes y de nivel medio los cambios morfológicos, como consecuencia del entrenamiento, son mayores que los producidos en deportistas muy entrenados, (González y Gorostiaga, 1995), por lo tanto, las respuestas fisiológicas y adaptativas no serán las mismas, dependiendo del nivel y tiempo de entrenamiento.

De acuerdo a esto, surge la necesidad y se hace relevante el estudio para la prevención de lesiones músculo-esqueléticas en columna lumbar en deportistas.

A raíz de lo expuesto anteriormente, surge la siguiente interrogante de investigación:

¿Cuál es la influencia de la fatiga muscular lumbar y los años de entrenamiento deportivo para predecir la percepción de dolor lumbar agudo en

deportistas amateurs de balonmano de la Universidad de Valparaíso y los clubes deportivos Luterano y Santiago Wanderers de Valparaíso?

Julio, 2016, Valparaíso, Chile.

## **2.- MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Balonmano**

Es un deporte que solicita constantemente las estructuras inertes y contráctiles de la región abdominal y toraco-lumbar para su desarrollo. Esto se analiza, principalmente, en el gesto técnico de lanzamiento. Se observa en una investigación relacionada a este deporte, que todos los casos de lesión aguda de fibras del recto del abdomen, involucran la hiperextensión de la columna lumbar y el estiramiento de musculatura abdominal, la cual es contraída en la fase de elevación del brazo al lanzar el balón. Posteriormente, la flexión de la columna se produce con una potente contracción de toda la musculatura abdominal. El gesto técnico provoca una torsión consistente a la columna vertebral hacia el lado de la presentación de la lesión. (Balius et al., 2011)

A diferencia de otros deportes como el tenis y el voleibol, el balonmano implica contacto directo con el rival, que puede, en algunos casos, implicar lesiones biomecánicas modificadas. (Balius et al., 2011)

### **2.2 Dolor lumbar- introducción**

El síndrome doloroso lumbar se caracteriza por dolor en la región lumbar, generalmente acompañado de espasmos musculares, que compromete las estructuras osteomusculares y ligamentosas del raquis. Su etiología es múltiple.

Desde el punto de vista clínico comprende desde el borde inferior de la parrilla costal hasta la región glútea inferior. (Pantoja, 2012)

### **2.2.1 Etiología del dolor lumbar**

El dolor lumbar es relativamente común en dichos deportistas. Su etiología es variada y está determinada por múltiples factores que incluyen la edad, nivel y cargas de entrenamiento y condición física. Tiende a manifestarse como dolor a la extensión lumbar, sin incrementarse con la flexión. Dentro de las posibles causas de dolor, es muy importante considerar y explorar la posibilidad de que los síntomas se amplifiquen por condicionantes de estrés y ansiedad, sean estos vinculados a la competencia, laborales o familiares. (Pantoja, 2012)

El dolor lumbar se asocia con los deportes que implican la extensión repetitiva, flexión y rotación, como la gimnasia, balonmano, danza y el fútbol. Estos producen las lesiones agudas y por uso excesivo. Los atletas jóvenes que presentan dolor lumbar tienen una alta incidencia de lesiones estructurales como la espondilolisis y otras lesiones en la parte posterior de la columna vertebral. (Purcell y Micheli, 2009).

La columna lumbar se afecta más frecuentemente por la distribución del estrés mecánico causado por los movimientos y la carga axial en la postura erecta a la cual está sometida, por lo que, las causas del dolor lumbar en la

población general son muy variadas. Las causas anatomopatológicas más frecuentes son de origen vertebral, del disco o muscular. (Bahr y Maehlum, 2007)

### **2.2.2 Etiología: nocicepción crónica**

En presencia de la nocicepción crónica, las estrategias utilizadas por el sistema nervioso central para controlar los músculos del tronco, es decir, el control motor, pueden verse alteradas. Más específicamente, ha sido observado en pacientes con dolor lumbar, mediante electromiografía, una contracción tardía del músculo transverso del abdomen y la inhibición del músculo multifido. Estos cambios se acompañan de una reorganización disfuncional de la representación de los músculos del tronco en la corteza motora. En conjunto, estas disfunciones resultan en déficits de control motor y deterioro de la estabilidad de la columna. Estos déficits de control motor durante mucho tiempo han sido considerados como etiológico en el dolor de espalda. Los conocimientos actuales sobre la interacción entre la nocicepción y el control motor sugieren que pueden ser la causa y consecuencia, es decir, la nocicepción en la médula desencadena déficits de control motor. Mecanismos similares de descoordinación se cree que ocurren en personas con otros trastornos de dolor músculo-esquelético. (Daenen et al., 2012)

### **2.2.3 Etiología anátomo-patológica**

Por regla general, está aceptado que los tejidos blandos (ligamentos, nervios, músculos) pueden ser el origen del dolor. (Prentice, 2001). Por otro lado, puede existir un compromiso discal, el cual es seguido por cambios en las articulaciones facetarias causando su hipertrofia e inflamación, involucrando a los ligamentos y la cápsula articular. En el tiempo, las cargas mecánicas superan la capacidad de resistencia de los tejidos, produciéndose una degeneración. Se genera inflamación en respuesta a las cargas y al roce, por lo que, el músculo mantenido en una posición estática por largo período, recibirá menor aporte sanguíneo asociado a una menor oxigenación en el músculo, esto genera metabolitos de desecho, que alteran la homeostasis del músculo esquelético y que llevan a una alteración en el proceso de contracción muscular, produciendo como consecuencia disminución de la fuerza muscular e inestabilidad dinámica articular que se evidencian en los síntomas clínicos como el dolor.

El dolor agudo, la incapacidad y el comportamiento respecto a la enfermedad son, por lo general, proporcionales a los hallazgos físicos. Los dolores agudos tienen una relación relativamente directa con el estímulo periférico, la nocicepción y la lesión de los tejidos. (Prentice, 2001)

#### **2.2.4 Síndrome Dolor Lumbar Agudo**

Síndrome caracterizado por dolor en la región lumbosacra, que va acompañado de dolor referido o irradiado, asociado habitualmente a limitación de la movilidad y que presenta características mecánicas. Dicho dolor tiene una duración de no más de 4 semanas, de hecho, a menudo no dura más de 1 ó 2 semanas. (Cooper, 2015)

#### **2.2.5 Sensibilización central**

Pruebas clínicas y experimentales han demostrado que un trauma tisular provoca en el Sistema Nervioso Central (SNC) un incremento de la excitabilidad neuronal, conocido como Sensibilización Central (SC), caracterizado por la presencia de dolor espontáneo o persistente, expansión de las áreas afectadas por el dolor, y trastornos sensoriales cualitativos que incluyen alodinia e hiperalgesia. La SC resulta de una serie de alteraciones funcionales y anatómicas en el SNC, algunas de ellas potencialmente irreversibles, las cuales pueden ser responsables, al menos en parte, de la persistencia del dolor tras la resolución de la lesión tisular desencadenante. Un factor clave en todos ellos parece ser la severidad del propio dolor en la fase aguda, con o sin neuropatía concomitante. Más allá del ámbito puramente experimental, la SC constituye un mecanismo relevante en la fisiopatología del dolor en una variedad de situaciones clínicas comunes. (Azkue, Lathinen, Sandström, Pogliano y Wirhed, 2007)

### **2.3.- Evaluación**

En la evaluación inicial del paciente con dolor lumbar, la alteración en su apariencia general puede constituir la primera señal de alerta. La palidez, sudoración o una actitud corporal manifestada al sufrir dolor intenso o invalidante, hace poner especial atención al individuo. Se debe tener claridad de los síntomas y signos del síndrome de dolor lumbar agudo para poder diferenciarlo de otras patologías como fracturas por compresión, hernia del núcleo pulposo, estenosis raquímedular, espondilolistesis, espondilolisis, osteomielitis, enfermedad del tejido conectivo, dolor referido (aneurisma de aorta abdominal, enfermedades digestivas, herpes zoster, enfermedad inflamatoria pelviana, cólico renal). (Kripper y Cols, 2013)

### **2.4.- Diagnóstico**

Para el diagnóstico, en primer lugar se debe confirmar que el dolor lumbar es de origen músculo-esquelético. Enseguida hay que excluir una patología vertebral específica, y descartar signos de alarma (Banderas rojas: tumores, infección o un síndrome de cauda equina). La siguiente prioridad es si el dolor lumbar está acompañado de un dolor radicular. Si se excluyen estas alternativas, el paciente presentaría un dolor lumbar inespecífico. Enseguida se deben identificar los factores de riesgo asociados que prolongan el dolor y que dificultan la respuesta terapéutica (banderas amarillas); conducta inapropiada

por el dolor (ejemplo: temor y reducción de la actividad); problemas laborales y actitudes de compensación y los trastornos emocionales asociados. Cuando existe gran dolor y/o un compromiso radicular, el examen más apropiado es una Resonancia Magnética. El electrodiagnóstico no es recomendado cuando se trate de un dolor lumbar inespecífico. (Prentice, 2001)

## **2.5.- Manejo médico**

El manejo médico del dolor lumbar inespecífico se basa en la administración de analgésicos antiinflamatorios no esteroideos y relajantes musculares. Por los efectos colaterales, los analgésicos no esteroideos se recomienda usarlos por periodos cortos (no mas de tres meses) y en las reagudizaciones.

Los analgésicos opiodes se usan cuando no hay respuesta favorable con el uso de analgésicos comunes y si la situación lo amerita, quedando a criterio del profesional. De preferencia se indica aquellos de liberación prolongada para evitar adicción, administrados en forma horaria y no según necesidad. No es recomendable la indicación de reposo absoluto excepto en situaciones muy precisas y por periodos cortos. Los ejercicios supervisados están recomendados como tratamiento de primera línea. (Melchor, 2008)

## **2.6.- Musculatura estabilizadora y movilizadora**

Sarhmann y Janda (2011) han clasificado la musculatura según su función en músculos estabilizadores y movilizadores. El sistema muscular se clasifica en estabilizadores mono segmentarios y multisegmentarios. Los músculos estabilizadores descritos como monoarticulares o segmentarios, son de localización profunda, tienen un rol de mantención postural estática, y trabajan excéntricamente para controlar el movimiento (glúteo mayor y medio, subescapular, transverso abdominal y multifido). Los músculos movilizadores son descritos como biarticulares o multisegmentarios, de localización más superficial, trabajan concéntricamente con la aceleración del movimiento y son capaces de generar fuerzas.

Bergmark (1999) también describe el concepto de músculos locales y globales. En el sistema local todos los músculos tienen su origen o inserción en la vértebra y proveen rigidez para mantener la estabilidad mecánica de la columna vertebral (multifido y semiespinal cervical). El sistema global está formado por músculos más superficiales, multisegmentarios que están relacionados con el tórax y pelvis, son los encargados de producir grandes torques. Toda la musculatura participa en la estabilidad y aquellas fibras que cruzan una articulación contribuyen al momento articular. La estabilidad global de la columna depende de las fuerzas individuales, y por tanto, de la rigidez de todos los músculos del tronco, así como de las magnitudes relativas de su

fuerza. El momento articular total es la suma de los productos de todas las fuerzas musculares y sus respectivos brazos de palanca.

Comerford y Mottran (2001) proponen un nuevo modelo de clasificación muscular, éste incluye a los músculos estabilizadores locales, estabilizadores globales y músculos movilizadores globales. Los músculos estabilizadores locales de columna lumbar, por ejemplo, transverso abdominal y multifidos lumbares profundos y los fascículos posteriores del Psoas mayor tienen la función de mantener la estabilidad segmentaria. Los músculos estabilizadores globales de columna lumbar, por ejemplo, oblicuo interno, oblicuo externo y erectores espinales generan fuerzas externas para controlar el rango de movimiento. Estas fuerzas no son constantes, sino que se generan dependientes del movimiento solicitado. Un tercer grupo está conformado por los músculos movilizadores globales de columna lumbar, iliocostalis, iliolumbar, y recto anterior del abdomen. Estos músculos generalmente trabajan concéntricamente para producir fuerza y velocidad, y trabajan excéntricamente para desacelerar las cargas elevadas.

El reclutamiento coordinado del sistema muscular local y global durante las actividades funcionales asegura que la estabilidad espinal se mantenga. Bajo estas condiciones, ellos sugieren que contracciones musculares de baja intensidad, 1-3% de la contracción máxima voluntaria, son suficientes para mantener la estabilidad espinal.

McGuill (2008) se empieza a plantear la necesidad de concebir un efecto global cuando todos los músculos abdominales se activan simultáneamente, de forma que la rigidez media en el torso resulta mayor que la suma de las rigideces individuales, por lo que resultaría poco adecuado e incluso contraproducente centrar la activación en un único músculo.

De esta manera y tal como expone McGuill (2008), la rigidez muscular, que son los momentos de flexión de la columna por la co-contracción de los músculos del torso, que minimiza los micro-movimientos y controla el dolor, es siempre estabilizadora. Sin embargo, la fuerza muscular puede contribuir a la estabilidad o reducir esta si resulta inapropiadamente grande o pequeña. Los músculos y el sistema motor deben satisfacer los requisitos para sostener las posturas, crear los movimientos, sujetar las fuerzas inesperadas ante movimientos bruscos, generar presión y ayudar a la respiración dificultosa, todo ello garantizando una estabilidad suficiente. La contracción simultánea de los músculos del abdomen incrementa la presión intra-abdominal y la rigidez del tronco, fijando o estabilizando los distintos segmentos que forman el raquis. De este modo se protege a la columna de posibles lesiones producidas por movimientos rápidos, empujones, caídas, resbalones, etc. Esta es una de las funciones más importantes de la musculatura abdominal.

Actualmente se ha atribuido a los músculos anchos del abdomen (principalmente al transverso y al oblicuo interno) el papel más importante en la

estabilización activa del tronco. A diferencia de los músculos de las extremidades, los músculos del tronco realizan una variedad de funciones homeostáticas, además del movimiento y control del tronco, como la respiración y la continencia. Respecto a la función óptima del tronco consiste en una interacción compleja entre el movimiento de la integridad de la columna vertebral y la pelvis a nivel intersegmentario y la contribución del tronco en el mantenimiento del equilibrio corporal respecto de la gravedad y otras fuerzas externas.

Este rol estabilizador es particularmente importante cuando se somete al raquis a situaciones de sobrecarga y desestabilizaciones inesperadas (Huang y cols., 2001 citados por López, 2004), siendo quizás este último aspecto algo menos tratado a la hora de proponer progresiones metodológicas que contemplen dicho subsistema de control.

Jordán Díaz (2008) describe que el transverso abdominal posee características neuro-biomecánicas fundamentales para lograr la estabilidad de la columna vertebral. En sujetos asintomáticos de dolor lumbar, la evidencia ha reportado una actividad neuromuscular anticipatoria del transverso abdominal, donde la función principal de la activación anticipada de ciertos grupos musculares es brindar estabilidad a los segmentos articulares o vertebrales. Por otro lado cambios a nivel del timing de activación del transverso han sido evidenciados en sujetos con dolor lumbar. Este retardo en el timing de

activación reflejan estrategias disfuncionales del SNC para lograr la estabilidad vertebral. El retraso en el timing de activación del transverso en todos los sentidos del movimiento de las extremidades y tronco, y en presencia de movimientos de los miembros a velocidades moderadas y rápidas en sujetos con dolor lumbar, se interpreta como una pérdida del mecanismo de feed forward de la musculatura estabilizadora de tronco, lo cual se refleja clínicamente con un aumento en la carga espinal asociada a una reducción funcional de los mecanismos de protección espinal neuromusculares.

### **2.6.1 Piso pélvico y diafragma**

El piso pélvico tiene un rol importante en la activación muscular para permitir la estabilización lumbar, de tal forma que al contraer voluntariamente los músculos abdominales, la musculatura del piso pélvico también se activa y con intensidad de esfuerzo máximo. (Barr y cols; 2005). Por otra parte la presión intraabdominal también contribuye a la estabilización de la columna lumbar (Cholewicki y McGill; 1996) (McGill; 2002), por lo que el diafragma, que es el mayor contribuyente a la presión intraabdominal, consecuentemente es estabilizador lumbar. (Barr y cols; 2005). También, se propone teóricamente que la fascia toracolumbar actúa incrementando en un 30% la fuerza por unidad de área de sección transversal que el músculo puede producir, y se sugiere que este aumento en la fuerza es para contrarrestar contracturas de los músculos cuando están acortados. (McGill; 2002)

### **2.6.2 Sistema de estabilización vertebral**

Panjabi (2003), conceptualiza el sistema de estabilización de la columna en 3 consistentes subsistemas: activo (muscular) que provee estabilidad dinámica; estático (vértebras y demás tejidos pasivos) que provee estabilidad intrínseca de dicho segmento; y la unidad de control neurológico evaluando y determinando los requerimientos de estabilidad y coordinación de la respuesta muscular. Estos tres subsistemas están interrelacionados, y la alteración de la función de uno de dichos subsistemas seguramente incrementará la demanda de estabilidad en los otros dos.

El subsistema pasivo, a través del subsistema neural, altera al subsistema activo. Todo esto genera una alteración de la activación neuromuscular selectiva de estabilización (ANSE) que produce una retroalimentación positiva de dicha inestabilidad. La alteración del subsistema pasivo genera dolor. Este dolor va a producir una inhibición recíproca de los músculos profundos (principalmente multifido y transversos del abdomen) a nivel propioceptivo; por lo tanto producirá una alteración de la ANSE y una hiperactividad de los músculos superficiales que intentarán estabilizar dicho segmento. Esta inestabilidad es segmentaria y no estará frenado por la contractura de los músculos superficiales, cuya acción es global y de ninguna manera generará estabilidad en dichas vértebras. La única forma de detener la injuria progresiva del subsistema pasivo es estabilizando la columna.

## **2.7.- Prevención**

Los deportistas experimentan episodios recurrentes de dolor lumbar debido a su propensión por entrenar a pesar del dolor y a enfocarse más en el rendimiento que en la prevención.

El dolor lumbar es una condición común que puede afectar a los deportistas por los altos niveles de fuerza por la zona posterior del cuerpo de manera repetitiva. Si bien, las intervenciones, comúnmente son específicas del deporte y basadas en la perspicacia de los especialistas, lo ideal es realizar ejercicios para los estabilizadores globales de columna lumbar. Sin embargo, es de mayor importancia, activar los estabilizadores locales, ya que, la evidencia demuestra que el dolor lumbar está asociado a la reducción de la activación de éstos.

Los individuos con dolor lumbar se recuperan en diferentes tiempos, dependiendo de la naturaleza de la lesión, del diagnóstico y la capacidad de recuperación. Se deben incorporar ejercicios para la mejora de la estabilización de la columna tanto en rehabilitación como en entrenamiento.

Un programa de estabilización indicado en algunos estudios incluye tres etapas y, éste se enfoca en la musculatura de estabilización local, progresando hasta incluir los estabilizadores generales. Como este programa es de forma

preventiva, el deportista puede progresar a medida que va dominando los ejercicios. (Kolber y Beekhuizen, 2008)

Etapa 1:

Es de vital importancia y su objetivo es activar los músculos que realizan la estabilización local sin la compensación de los estabilizadores generales. Se deberá realizar diariamente debido a que la activación neural es esencial para dominar tareas requeridas.

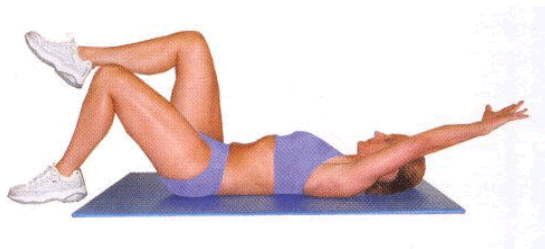
Estos ejercicios activan tanto el transversal del abdomen (TrA) al aplanar el abdomen, como el multifido, al mantener la lordosis, de forma concéntrica, se realizan al comienzo de un reentrenamiento neuromuscular, ya que, se conoce que un entrenamiento de fuerza de movilizadores globales (movimientos funcionales) no provocan un aumento en la capacidad de activación del TrA ( França, Burke, Hanada, Marques, 2010) , además de concientizar dicha musculatura por parte del paciente, en búsqueda de una futura co-contracción entre ambos (Chang, Lin, Lai, 2015), sumando trabajos excéntricos de los mismos (Sarhmann y Janda, 2011), basándose en el concepto de carga progresiva (Chang et al. 2015). Ejercicio 1 (Figura 1), de aplanamiento abdominal con esfigmomanómetro, paciente en posición supina, con caderas y rodillas en flexión de 45°, con lordosis natural en la columna lumbar, se posiciona el esfigmomanómetro bajo la columna lumbar y se lleva hasta unos

30-40 mmHg. Se solicita al paciente que lleve su abdomen hacia arriba y hacia abajo, coordinado con la respiración: la lectura del esfigmomanómetro debe mantenerse durante todo el ejercicio. El ejercicio 2 (Figura 2), es la progresión del anterior, en este se realiza una flexión simultánea de una extremidad superior y una extremidad inferior.



**Figura 1:** Ejercicio de aplanamiento abdominal en posición decúbito supino utilizando esfigmomanómetro para monitorear la posición.

Extraído de Morey J Kolber y Kristina Beekhuizen. Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. (2008).



**Figura 2:** Ejercicio aplanamiento abdominal en posición decúbito supino con lordosis natural combinado con flexión simultánea de extremidad superior y extremidad inferior.

Extraído de Morey J Kolber y Kristina Beekhuizen. Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. (2008).

Etapa 2:

Implica la realización de ejercicios que requieran de la co-contracción del TrA y del multifidos en posiciones diferentes, con el reclutamiento adicional de los erectores de columna y la musculatura extensora de hombro y cadera.

En el ejercicio 1 (Figura 3) el paciente se encuentra en posición cuadrúpeda manteniendo la co-contracción de los estabilizadores locales, se le solicita que flexione un brazo y que luego alterne ambos brazos rítmicamente, dominado el ejercicio cambia la flexión de hombro por la flexión de cadera.

Ejercicio 2 (figura 4), la progresión del ejercicio anterior. En este, el paciente eleva alternada y simultáneamente una extremidad superior y una extremidad inferior (brazo derecho pierna izquierda y brazo izquierdo y pierna derecha), manteniendo la co-contracción del TrA y de multifidos.



**Figura 3:** Ejercicio en cuadrupedia con co-contracción de TrA y multifidos.

Extraído de Morey J Kolber y Kristina Beekhuizen. Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. (2008).



**Figura 4:** Ejercicio en cuadrupedia con co-contracción y flexión de hombro y extensión de cadera de forma simultánea.

Extraído de Morey J Kolber y Kristina Beekhuizen. Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. (2008).

Etapas 3:

La etapa final requiere que el deportista mantenga la contracción abdominal y la lordosis natural durante la realización del ejercicio, diseñado para reclutar los estabilizadores generales.

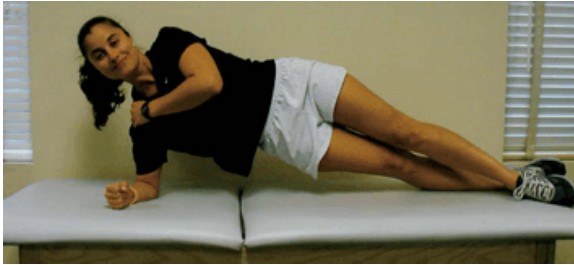
Ejercicio 1 (Figura 5, posición decúbito prono, primero el paciente contrae el abdomen y luego, comienza a levantar el tronco mediante la extensión de columna, buscando así la contracción de los extensores de columna.

Ejercicio 2 (Figura 6), paciente adopta posición de puente lateral, se requiere que el individuo se coloque de costado con las rodillas extendidas, posteriormente, debe levantar las caderas de la superficie y tratar de colocar su cuerpo recto manteniendo el peso de los mismo con los brazos y los pies. Además debe dar la indicación de que mantenga la co-contracción del TrA y los multifidos.



**Figura 5:** Extensión de tronco en posición de decúbito prono con tensión abdominal.

Extraído de Morey J Kolber y Kristina Beekhuizen. Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. (2008).



**Figura 6:** Ejercicio de puente lateral manteniendo la tensión abdominal.

Extraído de Morey J Kolber y Kristina Beekhuizen. Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. (2008).

## **2.8- FATIGA MUSCULAR**

Existen dos tipos de fatiga muscular descritos en la literatura, una es la periférica y la otra es la central. La fatiga puede originarse a nivel muscular intrínseco, la cual es conocida como fatiga periférica. Por otro lado, si se origina desde el sistema nervioso central hacia los nervios periféricos, se denomina fatiga central. Un psicólogo vería la fatiga como la sensación o percepción de cansancio (Kayser, 2003), agregando factores emocionales (motivación y ánimo), que influyen en este caso, directamente en la percepción de fatiga muscular central (Edwards, 1983) (Beretta-Piccoli et al., 2015). A diferencia de

la fatiga muscular periférica, la central puede desencadenarse en ejercicios fatigantes, prolongados en tiempo y de contracciones máximas, además de estados patológicos que involucren alteración en el funcionamiento de la motoneurona superior (Beretta-Piccoli et al., 2015).

### **2.8.1 Fatiga muscular periférica**

Se define como el conjunto de alteraciones en el funcionamiento del sarcolema y/o en cualquiera de los procesos dentro de la fibra muscular (Mirella, 2006).

Desde el punto de vista neurofisiológico, es una reducción del impulso nervioso o falta de activación muscular (Gandevia, 2001). En relación a la biomecánica y control motor, las alteraciones de frecuencia en una señal EMG son medidas válidas de fatiga muscular local. La amplitud se hace mayor y el ritmo más lento (Tuncel D. et al. 2010). Esto se relaciona por la acumulación de productos bioquímicos, tales como el H<sup>+</sup> y el ácido láctico en el músculo, lo cual cambia la velocidad del potencial de acción (Mirella, 2006). A nivel músculo esquelético, la fatiga puede verse como el descenso de la capacidad de generar fuerza máxima o power output, inducida por un ejercicio (Beretta-Piccoli et al., 2015).

Las causas de la fatiga muscular periférica son cuatro:

- La acumulación de catabolitos de acción tóxica que son liberados a partir de reacciones químicas que producen energía para la contracción (anhídrido carbónico, ácido láctico)
- El agotamiento de las fuentes energéticas (glucógeno, ATP, CP), y/o entre el aporte de O<sub>2</sub> y la cantidad de trabajo necesario.
- Las alteraciones de la permeabilidad tisular.
- Los trastornos de la regulación y control (SNC, motoneuronas, nervios y unión neuromuscular).

### **2.9.- Prueba de Biering Sorensen**

Esta prueba fue creada por Biering y Sorensen (1984) con el objetivo de medir la resistencia estática de los músculos extensores de tronco. La disminución del tiempo en que los músculos pueden resistir la fatiga, no sólo se correlaciona con el dolor lumbar, sino que también es un predictor de reapariciones de éste. (Enthoven, 2003), y del inicio del dolor en individuos sanos. (Luoto y cols 1995).

La prueba de Biering Sorensen se ha vuelto la herramienta de referencia para evaluar el rendimiento muscular en pacientes con dolor lumbar, especialmente entre un antes y un después de un programa de rehabilitación.

La prueba consiste en que el paciente se acuesta en la camilla en posición prona con el borde superior de las crestas ilíacas alineado con el borde de la camilla, dejando la parte superior del cuerpo libre. La parte inferior del cuerpo se fija a la camilla por tres correas, situados alrededor de la pelvis, las rodillas y los tobillos, respectivamente. Con los brazos cruzados sobre el pecho, se le pide al paciente que mantenga la parte superior del cuerpo en la horizontal. El tiempo durante el cual el paciente mantiene la parte superior del cuerpo recta y horizontal se registra. En los pacientes que no experimentan ninguna dificultad en mantener la posición, la prueba se detiene después de 240 s. La prueba Sorensen es la prueba más utilizada que evalúa la resistencia isométrica de los músculos extensores del tronco.

Se ha utilizado ya sea como se ha descrito inicialmente o con una serie de modificaciones descritas por Demoulin et al. (2006), enumeradas a continuación.

- La posición del brazo: la prueba se ha utilizado con los brazos flectados, los codos pegados al cuerpo, y las manos en los oídos, la frente, o el cuello. En otra variante, los brazos se colocan al costado del cuerpo. Debido a que la posición del brazo influye en la ubicación del centro de gravedad, estas modificaciones afectan el momento de masa de la parte superior del cuerpo y, por lo tanto, el rendimiento en la prueba.

- Localización del borde de la camilla: en varios estudios, las espinas ilíacas antero-superior, fueron colocados en el borde de la camilla, en lugar del borde superior de las crestas ilíacas.
- Número de correas: dos a cinco correas se han utilizado para mantener la parte inferior del cuerpo a la mesa.
- Posición inicial: en varios estudios, la prueba fue comenzada con la parte superior del cuerpo inclinado hacia el piso para que ocurriera una contracción concéntrica de los músculos extensores del tronco necesaria inicialmente para alcanzar la posición horizontal.
- Flexión de la cadera: en teoría, las caderas permanecen totalmente extendida durante toda la prueba Sorensen. Sin embargo, la flexión de cadera fue de 6° en un estudio realizado por Holmstrom y col. (1992) y 40° en un estudio realizado por Dederling et al. (2000).
- Método para documentar la posición horizontal de la parte superior del cuerpo: mientras que muchos autores (incluyendo Biering- Sorensen) simplemente confían en una evaluación visual, otros utilizaron dispositivos de medición (inclinómetro o goniómetro) o se le pidió al paciente mantener el contacto entre la espalda y un estadiómetro o un peso que cuelga del techo.

En muchos estudios, el tiempo de duración en la prueba fue significativamente menor en pacientes con dolor lumbar crónico. Este hallazgo sugiere que el dolor de espalda baja crónico puede estar asociado con una disminución en la resistencia isométrica de los músculos extensores del tronco.

Biering-Sorensen (1984) informó que un tiempo de duración de la prueba inferior a 176 segundos, predijo el dolor de espalda baja durante el próximo año en los hombres, mientras que un tiempo superior a 198 s predijeron ausencia de dolor de espalda baja. Es importante destacar que la prueba no tenía validez predictiva en las mujeres. En un estudio realizado por Luoto et al. (1995), la separación de los participantes en tres grupos en función de los tiempos de punto de duración del test mostraron que un tiempo inferior a 58 segundos se asoció con un triple de riesgo de dolor de espalda baja, en comparación con un tiempo superior a 104 segundos.

Sjolie y Ljunggren et al. (2001) y Adams et al. (1999) encontraron que la prueba Sorensen predijo el dolor de espalda baja, tanto en hombres y mujeres, mientras que otros no encontraron ningún valor predictivo. Mannion et al. (1998) refieren que el riesgo de dolor de espalda baja era independiente del tiempo de duración de la prueba, pero era correlacionado con fatigabilidad muscular, según lo determinado por la superficie electromiografía durante la prueba.

En varios estudios, ni el peso corporal, ni el momento de masa del tronco influyó en el tiempo de duración de la prueba. Otros estudios, sin embargo, encontraron una correlación negativa entre el peso corporal y el tiempo de mantenimiento en la posición horizontal. Por el contrario, existe un acuerdo general que existen diferencias entre hombres y mujeres. El análisis espectral de señales de electromiografía registrado durante la prueba, indica una mayor

fatiga muscular en los hombres. Varias hipótesis se han propuesto para explicar esta diferencia relacionada con el género. En las mujeres, el peso de la parte superior del cuerpo es menor y el centro de gravedad del tronco disminuye, en comparación con los hombres. El mayor grado de lordosis lumbar en las mujeres puede permitir una ventaja mecánica al alargar el brazo de palanca de los músculos erectores de la columna. Una influencia de las hormonas sexuales se ha sugerido también. Sin embargo, la hipótesis más convincente implica diferencias en la composición muscular. Mannion et al. (1998) sugieren que los músculos de la columna vertebral pueden mostrar una mejor adaptación al ejercicio aeróbico en las mujeres como resultado de una mayor proporción de fibras lentas Tipo I en el área de la sección transversal del músculo.

La influencia de factores individuales tales como la motivación, la tolerancia al dolor, y la competitividad o individuos que detienen la prueba debido a dolor o problemas respiratorios, sugieren que el resultado puede no reflejar el rendimiento muscular. En esta situación, una prueba de Sorensen submáxima junto con electromiografía o una evaluación de escala de Borg podría ser suficiente para documentar la fatigabilidad muscular, limitando al mismo tiempo el papel de los factores individuales tales como la motivación.

El papel de la motivación, el hecho que el dolor puede llevar a los pacientes a detener la prueba, y la imposibilidad de la cuantificación de la fuerza muscular relativa desarrollado por el individuo constituyen las principales

deficiencias de la prueba de Sorensen. Sin embargo, los datos en la literatura argumentan a favor de la prueba de Sorensen para evaluar la resistencia isométrica de los músculos extensores del tronco.

Por otro lado, se conoce que el mantenimiento de una posición horizontal durante la prueba Biering Sorensen resulta en tiempos de fatiga mayores que con niveles más altos de resistencias (se hace referencia en este estudio a CBT como el 100%, que involucra la suma de los segmentos de cabeza, brazos y el tronco, sin carga externa). (Moffroid, Haugh, Haig, Henry, Pope, 1993). Sin embargo, en otras investigaciones, utilizando sólo el 100% (CBT), que según Zatsiorsky (2002) es del 49.11% de la masa corporal total de cada individuo, (basándose en la masa corporal de 100 jóvenes físicamente activos y en datos normativos derivados a través de ecuaciones de regresión), no es suficiente para demostrar diferencias significativas entre controles y sujetos con diversos grados de discapacidad leve en la espalda sobre la base de la clasificación de Oswestry (Pitcher, Behm y MacKinnon, 2007).

Pitcher et al. (2007) en su investigación utilizaron la prueba de Biering Sorensen modificada agregando cargas externas de 0, 20, 40 y 60% del CBT hasta el fallo.

Acorde a lo expuesto anteriormente, Behm D.G (2004) reportó que las pruebas de resistencia extensora de tronco con la utilización de CBT como

resistencia y referencia base de carga y posteriores porcentajes (prueba de Biering Sorensen modificada) son herramientas válidas y confiables. Además, se encontró una relación positiva con la salud de espalda.

### **3.- HIPÓTESIS**

Los años de entrenamiento junto con el tiempo de duración de la prueba de Biering Sorensen, predicen el dolor lumbar agudo en deportistas amateurs de balonmano.

## **4.- OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Analizar la influencia de fatiga muscular lumbar y años de entrenamiento, en la predicción de dolor lumbar agudo de deportistas amateurs de balonmano.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el nivel de dolor lumbar agudo en cada individuo, posterior a la realización de la prueba de Biering Sorensen.

- Determinar el tiempo de duración de la prueba de Biering Sorensen en cada individuo.
- Establecer los años de entrenamiento de balonmano en cada individuo.
- Relacionar el tiempo de duración de la prueba de Biering Sorensen, los años de entrenamiento y el dolor lumbar agudo en cada individuo.

## **5.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Población**

Un total de 48 deportistas de balonmano amateur pertenecientes a la Universidad de Valparaíso, Club deportivo Luterano y Club Santiago Wanderers, Valparaíso, Chile.

### **5.2 Muestra**

Corresponde a 18 deportistas de balonmano amateur, de la Universidad de Valparaíso, Club deportivo Luterano y Club Santiago Wanderers, Valparaíso, Chile, que cumplen con los criterios de inclusión y requerimientos previos para la realización de la prueba Biering Sorensen.

Ésta se obtuvo de manera no probabilística, intencionada y por conveniencia. Se utilizó este tipo de muestreo, ya que, se establecieron lazos de trabajo solo con estos deportistas que asistieron de forma voluntaria al lugar de la intervención realizada.

### **5.3 Criterios**

Los criterios de inclusión fueron:

- Individuos deportistas amateurs nacidos en Chile
- Edad de 18 a 28 años
- Sexo masculino
- 5 a 7 sesiones de entrenamiento deportivo semanal en el último año (1 hora, 30 minutos c/u)
- Más de 5 años de entrenamiento de balonmano.

Los criterios de exclusión fueron:

- Patologías de columna lumbar diagnosticadas.
- Comorbilidades: respiratorias, neuromusculares, cardíacas

- Tratamiento actual de columna lumbar (conservador o quirúrgico)
- Realización de otro deporte de forma amateur
- Lesiones previas de columna lumbar sin tratamiento
- Presencia de dolor en forma recurrente (a diario, no sólo inmediatamente después de una sesión de entrenamiento)
- Referir dolor lumbar en la encuesta previa a realizar la prueba Biering Sorensen

#### **5.4 Diseño**

Este es un estudio experimental, con ensayo clínico y transversal. La muestra fue incluida en un solo grupo experimental. A cada uno se le aplicó un cuestionario previo. Luego, se les realizó la prueba de Biering Sorensen describiendo los grados de inclinación de tronco durante la prueba utilizando un goniómetro (máximo de 20° grados para validez) y Biering Sorensen, determinando el tiempo de duración de ésta en segundos utilizando un cronómetro. A la vez, se les evaluó el dolor lumbar agudo, con EVA, antes y después de finalizar la prueba.

#### **5.5 Variables**

Las variables en estudio se describen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de variables de estudio.

Tipo	Nombre	Clasificación	Instrumento de medición
Dependiente	Dolor posterior	Cuantitativa-discreta	EVA: valores de 0 a 10
Independiente	Tiempo de duración	Cuantitativa-continua	Cronómetro
	Años de entrenamiento	Cuantitativa-discreta	Cuestionario previo

## 5.6 Procedimientos

Se solicita la participación voluntaria de los deportistas amateur de balonmano, de Universidad de Valparaíso, Club deportivo Luterano y Club Santiago Wanderers, Valparaíso, Chile, categoría adulto, a los cuales se les informa previamente el protocolo a seguir mediante el consentimiento informado.

Para llevar a cabo el diseño experimental se seleccionó la muestra que incluye a 18 deportistas de dichos clubes y universidad. Éstos, fueron incluidos en un solo grupo experimental. Se les solicitó responder un cuestionario previo a todos los individuos, recopilando información como los años de entrenamiento de balonmano en cada uno de ellos, experiencias previas de percepción de dolor lumbar agudo y, además, para saber si cumplían con los criterios de inclusión- exclusión y requerimientos previos para la realización de la prueba de Biering Sorensen.

Todos los participantes respondieron el total de las preguntas. Luego, se les evaluó el nivel de dolor lumbar (Escala Visual Análoga), de manera individual. Posterior a esto, fueron sometidos a un protocolo de fatiga muscular lumbar, que consiste en una extensión de tronco sobre pelvis, mediante una contracción isométrica en posición prona, en contra la gravedad, más una carga externa: 70 - 74 kilogramos de peso corporal con 5 kg de carga externa, 75- 79 kg de peso corporal con 7.5 kg de carga externa, 80 + kg de peso corporal con 10 kg de carga externa (aproximadamente el 120% del CBT de cada individuo), por un tiempo máximo de 4 minutos, llamada prueba de Biering Sorensen, que mide la resistencia estática de los músculos extensores de tronco; el tiempo en que los músculos pueden resistir la fatiga y no solo si se correlaciona con el dolor lumbar, sino que también, concluye si es un predictor de reapariciones de

éste (Enthoven, 2003), además del inicio del dolor en individuos sanos. (Luoto y cols 1995).

Por consiguiente, se midió el tiempo que puede mantenerse en dicha posición (debe por obligación cumplirse 60 segundos de la prueba en cada participante, tiempo requerido para comenzar la fatiga muscular periférica, aludiendo a la energía anaeróbica obtenida del glucógeno) y el nivel de dolor de columna lumbar, también de manera individual. Además, se utilizó un goniómetro, midiendo el ángulo entre el tronco y la horizontal, estableciendo descensos del tronco en contra de la gravedad durante la realización de la prueba, de máximo 20°, a modo de limitación estándar de movilidad. Se menciona que si el participante sobrepasa dicho valor, tendrá una advertencia solicitando volver hasta los 20°, y si nuevamente no lo logra la prueba queda nula. Cabe destacar que la prueba fue realizada a todos los participantes en una sola sesión, por el mismo operador en todo momento, el cual, realizó un pretesting de 5 repeticiones previas a la prueba. No se utilizó ningún estímulo verbal durante la realización de ésta por parte del operador. También, se destaca que la situación y contexto físico fue siempre el mismo. La prueba pudo finalizar a causa de dolor o fatiga muscular.

Para dar comienzo al protocolo, se requirió por parte del participante: vestimenta deportiva, que no haya realizado ejercicio físico por 48 horas previas a la prueba, que no presente signos de deshidratación (sin sed) y orina

transparente, no haber ingerido alimentos 1 hora 30 minutos antes de la prueba. Al mismo tiempo, se le evalúa el nivel de dolor, mediante EVA modificada con intervalos, al inicio y al término de la intervención en cada participante de forma individual. En cuanto al análisis posterior, se describieron los resultados intragrupo.

Se determinó estadísticamente si existen diferencias entre antes y después de la aplicación del protocolo de fatiga.

En caso de que existiesen diferencias, se determinó si existe relación entre el Nivel de Dolor (EVA), tiempo de entrenamiento de balonmano (cuestionario previo - años) y fatiga muscular (duración en segundos) de la prueba Biering Sorensen.

En el caso de que no existiesen diferencias, la hipótesis de trabajo quedaba nula.

Para la realización de la prueba de resistencia muscular extensora de tronco (Biering Sorensen) se colocaron colchonetas debajo de la camilla, y el participante fue sujetado a la camilla con cincha alrededor de los muslos y piernas para evitar el riesgo de caídas.

## **5.7 Descripción de instrumentos**

- Consentimiento informado: El colegio americano de médicos definió el concepto de consentimiento informado como “la explicación a un paciente atento y mentalmente competente, de la naturaleza de su enfermedad, así como el balance de los efectos de la misma y el riesgo de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos recomendados, para a continuación solicitarle su aprobación para ser sometido a esos procedimientos”. Esa misma instancia agrega: “La presentación de la información debe ser comprensible y no sesgada (...), la colaboración del paciente debe ser conseguida sin coacción y (...) el médico no debe sacar partido de su potencial dominio psicológico sobre el paciente”. (Anexo)
- Cuestionario previo: Es una serie de preguntas confeccionadas por los investigadores, de respuesta corta, para saber si los participantes cumplen con los requerimientos previos y los criterios de inclusión y exclusión. (Anexo)
- EVA: instrumento validado para la estimación del dolor. Se trata de una línea de 10 centímetros, numerada de 0 al 10, donde el 0 representa ausencia de dolor y el 10 el dolor más intenso percibido por el paciente. (Guevara et al. 2005).(Anexo)
- Goniómetro: es un instrumento establecido para medir la amplitud de movimiento de las articulaciones periféricas, siendo preciso y eficaz. (Andrade y Clifford, 2004).

## **5.8 Análisis Estadístico**

Se utilizó estadística descriptiva para la caracterización de la muestra de los deportistas, la aplicación de cuestionario inicial y para recolección de datos de variables ( dolor pre y post y tiempo de duración). Además, se utilizó la estadística inferencial para la discusión y conclusión de la investigación.

## **6.- RESULTADOS**

Se utilizó el análisis de Q-Cochrane para determinar si hubo diferencias significativas en los datos de dolor posterior. Luego de aquello, se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple para confirmar la hipótesis de trabajo. Posteriormente, se procede con un análisis de normalidad, demostrando que los residuos se comportan de manera normal. Se analizaron también, los puntos inusuales y palancas. Finalmente, se aplicó colinealidad para determinar si los datos de las variables independientes se correlacionaron, concluyendo que no hubo correlación entre éstos.

La variabilidad explicada del modelo es de un 48% y, permite aclarar los datos obtenidos de la variable dependiente (dolor posterior).

### **6.1 Datos estadísticos**

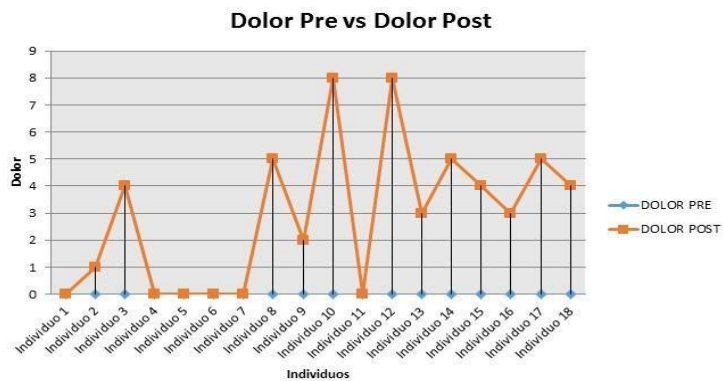
Dentro de los resultados se obtuvieron los datos de la media, mediana, moda, desviación, mínimo y máximo (tabla 2) de la muestra que presentó cambios en la variable dependiente, después de realizar la prueba de Biering Sorensen.

**Tabla 2.** Datos estadísticos de la muestra que presentó cambios en la variable dependiente.

	DOLOR POST	TIEMPO [seg]	Años
Media	-	100,416667	8,83333333
Mediana	4	95,5	7,5
Moda	4	100	5
Desviación	2,10338832	29,7090691	4,70653962
Mínimo	1	63	5
Máximo	8	160	20

## **6.2 Diferencias entre antes y después de la aplicación del protocolo de fatiga**

Se utilizó la Escala Visual Análoga (EVA) en los participantes, obteniendo el nivel de dolor, previo y posterior a la realización de la prueba de Biering Sorensen. Al comparar (figura 7), en todos los participantes existía un dolor previo con valor numérico de 0 y, posterior a la prueba, el 67% del total, presentó variaciones de éste. Para demostrar si existieron diferencias significativas en los resultados, se realizó el análisis Q-Cochrane, tal como se muestra en la tabla 3.



**Figura 7.** Comparación entre nivel de dolor previo y posterior de la prueba de Biering Sorensen

### 6.2.1 Prueba Q – Cochran

Del total de los resultados siendo 0: no siente dolor y 1: siente algún nivel de dolor se obtiene lo siguiente:

**Tabla 3.** Comparación entre el nivel de dolor previo y posterior. Prueba de Biering Sorensen.

	Dolor pre	Dolor post	Li	Li <sup>2</sup>
Suma	0	12	12	12
Gj_prom	6			

HIPOTESIS:

Para esta prueba se definirán las siguientes hipótesis:

H0: No existe diferencia significativa entre dolor Pre y dolor Post.

v/s

H1: Existe diferencia significativa entre los dolor Pre y dolor Post.

Prueba estadística:

$$Q = \frac{k \cdot (k-1) \sum_{j=1}^k (G_j - G_{prom})^2}{2 \cdot \sum_{i=1}^n L_i - \sum_{i=1}^n L_i^2} \sim X^2_{(k-1)}$$

K: Número de tratamientos (Dolor pre y Dolor Post)

Gj: Suma de la columna j-esima

Gprom: Promedio entre las sumas de las columnas

Li: Número de éxitos del individuo en todos los tratamientos

Con esto, el estadístico quedaría de la siguiente forma:

$$Q = \frac{2 \cdot (2-1) \cdot ((0-6)^2 + (12-6)^2)}{2(12) - 12}$$

$$Q = 12$$

Por lo tanto, se calcula el valor-p con una significancia del 5%.

$p = P\left[\chi^2_{(1-0.05;k-1)} > 12\right]$
$p = 0,00053201$

Finalmente, valor p es mucho menor que la significancia propuesta del 0.05, por lo que, podemos decir que se rechaza la hipótesis nula. Es decir, si existen diferencias significativas entre el dolor antes y después del ejercicio.

### 6.3 Ecuación de la regresión lineal múltiple

Dentro de la regresión lineal múltiple se realizó la ecuación de regresión, la cual determinó los valores y la influencia de cada variable independiente sobre la variable dependiente (tabla 4).

Con los resultados de esta ecuación, se procedió a analizar la significancia que tienen las variables independientes por sí solas (pruebas parciales) y en conjunto (prueba global).

Esta prueba arrojó a B1 con valores p de 0,023 y, B2, con 0,016, por lo tanto, se rechazó H0. Esto quiere decir, que tanto años de entrenamiento como el tiempo de duración de la prueba explican el dolor posterior, en su conjunto.

**Tabla 4.** Ecuación de regresión

DOLOR POST		$\gamma = \beta_0 + \beta_1 \times x_1 + \beta_2 \times x_2$ $\gamma = 10,03 - 0,259 \text{ AÑOS DE ENTRENAMIENTO} - 0,0394 \text{ TIEMPO}$
B1	-0,259	El dolor post varía en -0.259 unidades cuando el entrenamiento varía en 1 año.
B2	-0,0394	El dolor post varía en -0.0394 unidades cuando la duración del ejercicio varía en 1 segundo.

**Tabla 5.** ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	59,28	29,640	6,89	0,008
AÑOS ENTR	1	27,75	27,754	6,45	0,023
DURACIÓN	1	31,53	31,529	7,33	0,016
Error	15	64,50	4,300		
Total	17	123,78			

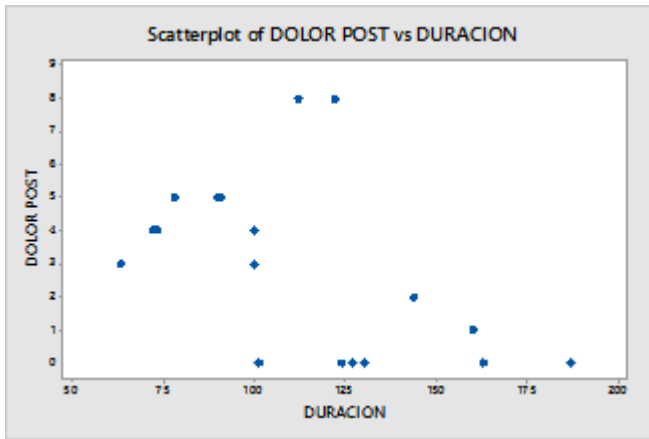
Con la información que nos entrega la tabla ANOVA (tabla 5), que muestra la descomposición de la varianza total, se procedió a generar las pruebas que nos indicaron si las variables independientes son significativas para el análisis (prueba global y pruebas parciales)

### 6.3.1 Pruebas parciales

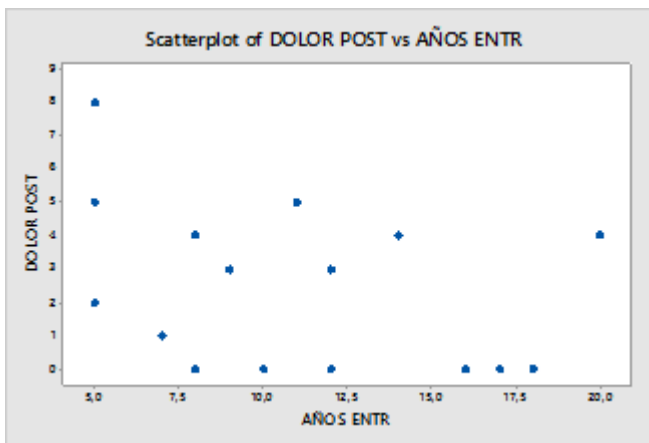
Estas pruebas tienen como objetivo evaluar la importancia y la capacidad predictiva de los parámetros de las variables independientes (B1 y B2). Para esto, se realizó una prueba hipótesis que sirve para ambos parámetros, en la cual se ocupa una distribución en base a la T-Student, con una significancia del 5%.

$H0: \beta_1 = 0$	v	$H1: \beta_1 \neq 0$
$H0: \beta_2 = 0$	v	$H2: \beta_2 \neq 0$

Esta prueba arrojó a B1 con valores p de 0,023 y, B2, con 0,016, por lo tanto, se rechazó H0. Esto quiere decir, que tanto años de entrenamiento y el tiempo de duración son importantes a la hora de hacer una estimación del dolor.



**Figura 8.** Análisis de Regresión lineal múltiple entre Dolor Posterior y Tiempo de Duración



**Figura 9.** Análisis de Regresión lineal múltiple entre Dolor Posterior y Años de Entrenamiento.

### 6.3.2 Prueba global

Esta prueba lo que busca es comprobar la utilidad del modelo y de sus variables en conjunto. Para esto, se crean dos hipótesis: la nula, en la cual todos los parámetros son iguales a cero y, por lo tanto, ningún parámetro justifica su presencia, y la alternativa, donde para algún parámetro si existe uno que sea significativo.

Para esta prueba, se ocupó el valor F observado de la tabla anova, distribuyendo con F-Snedecor, y con una significancia del 5%.

$H0: \beta_1 = \beta_2 = 0$	v	$H1: \beta_i \neq 0$
-----------------------------	---	----------------------

$valor\ p = P[F_{obs} < F(p, n - p -$
$valor\ p = P[0.68 < F(2, 15)]$
$valor\ p = 0.0008$

**Tabla 6.** Coeficiente de determinación

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,07360	47,89%	28,72%	28,72%

Posteriormente, se utilizó Anova (tabla 4 y 5) para calcular el valor de  $R^2 = 59.28/123.78 = 0.4789$ . Esto determinó que el 47.89% de la variabilidad total (tabla 6) fue explicada por el modelo propuesto.

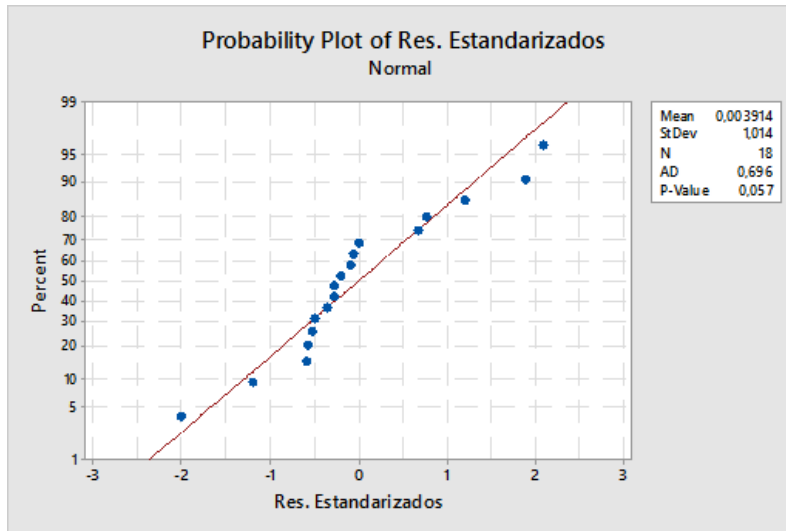
#### **6.4 Normalidad**

El supuesto de normalidad en los residuos es un supuesto base para validar el modelo de regresión múltiple. Es por esto, que en la regresión, se busca que los residuos se distribuyan normalmente, lo que quiere decir, que tengan una media y una desviación estándar igual a 0 y 1, respectivamente (figura 10).

Para demostrar esto, se utilizó la prueba de Anderson - Darling, que se muestra a continuación:

H0: Los residuos se comportan como una distribución normal

H1: Los residuos no se comportan como una distribución normal.



**Figura 10.** Distribución normal entre datos de los residuos estandarizados y sus porcentajes respectivos. La mayor concentración de datos en porcentajes está en los residuos estandarizados (Valor real - valor pronosticado) con valores entre los -1 y 0. Se observa la media y desviación estándar dentro de 0 y 1, respectivamente.

Finalmente, esta prueba nos da como resultado un valor p de 0,057, que si bien, es mayor a 0,05, es suficientemente pequeño para no rechazar  $H_0$ . Por lo tanto, los residuos se distribuyen normal.

### 6.5 Puntos inusuales y palancas

Del análisis de normalidad se obtuvieron los siguientes puntos inusuales y palancas:

<b>Individuos</b>	<b>Variabes</b>
1 y 10	Dependiente
4 y 15	Independientes

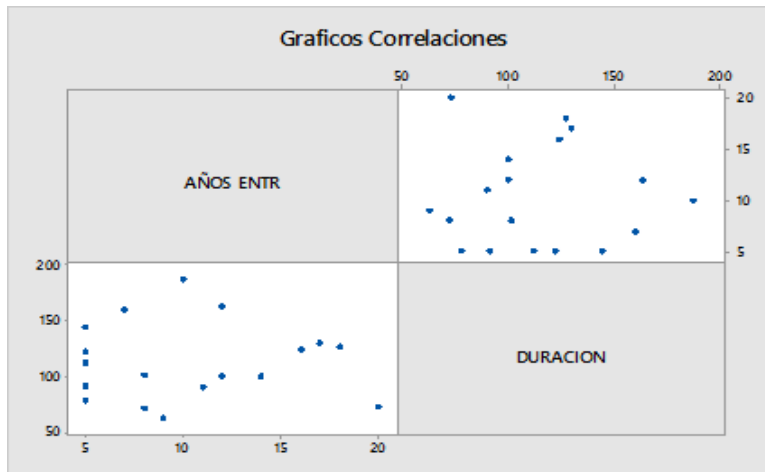
Se observó que los individuos 1 y 10 son los resultados atípicos que se obtuvieron de la variable dependiente (dolor posterior), con valores de 0 y 8, respectivamente.

También, se observó que los individuos 4 y 15 poseen valores de 0 y 3 de dolor posterior, 72 y 63 segundos de tiempo de duración y 8 - 9 años de entrenamiento, respectivamente, posiblemente por poseer los menores tiempos de duración de la prueba, lo que explicaría que estos sean valores fuera de lo común en las variables independientes.

## **6.6 Colinealidad**

Para decretar si existen problemas de colinealidad entre nuestras variables independientes, se aplicó un análisis a priori y a posteriori. En el análisis a priori, obtenido gracias a la matriz de correlaciones (figura 11),

podemos observar que no existe este tipo de problema. Sin embargo, este análisis no es concluyente, por lo tanto, se procede a realizar otro análisis.



**Figura 11.** Correlación entre variables Años de entrenamiento y Tiempo de duración.

En el análisis a posteriori, se ocupó el método del factor de inflación de la varianza o variance inflation factor (VIF). Este método consiste, para este caso, en generar una regresión lineal entre las dos variables explicativas, (años de entrenamiento y tiempo de duración) para analizar su grado de correlación.

$$VIF = \frac{1}{1-R_{xi}^2}$$

Cuando el  $R^2$  es muy grande, el valor VIF tiende a ser grande también, esto quiere decir, que las variables se explican entre sí y están correlacionadas. Como punto crítico se establece que el valor VIF no puede exceder al 10, por lo que el  $R^2$  no puede exceder el 90% de explicación.

**Tabla 7.** Coeficientes

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	10,03	2,02	4,98	0,000	
AÑOS ENTR	-0,259	0,102	-2,54	0,023	1,00
DURACION	-0,0394	0,0145	-2,71	0,016	1,00

En este caso, los valores VIF son de 1,0 (tabla 7), bastante menores a 10, por lo que, se puede concluir que nuestras variables no sufren colinealidad, es decir, no se explican entre sí.

## **7.- DISCUSIÓN**

Este estudio fue diseñado para determinar si la duración de la prueba de Biering Sorensen y los años de entrenamiento de cada deportista predicen el dolor lumbar agudo en un grupo selectivo de jugadores de balonmano amateurs.

Con los resultados de la investigación se comprueba la hipótesis planteada.

Un 67% del total de los participantes tuvo diferencias en el nivel de dolor lumbar entre el antes y el después del protocolo de fatiga muscular (Tabla 3). En los individuos que presentaron dolor lumbar posterior a la prueba existe una media del tiempo de 100 segundos (Tabla 2), siendo el máximo alcanzado de 160 segundos, es decir, ninguno de los participantes está exento de experimentar dolor de espalda baja en un futuro, ya que, el 100% de los participantes que tuvieron diferencias entre un antes y un después del protocolo de fatiga muscular, presentaron un tiempo de duración inferior a 176 segundos

(Tabla 2), lo que nos indica que los músculos extensores de tronco tienen menor resistencia a la fatiga, por lo que esto se relaciona con el dolor lumbar, ya sea, como un predictor de reapariciones de este (Enthoven, 2003), o bien, el inicio del dolor en individuos sanos durante el próximo año. (Luoto y cols 1995).

En relación a los puntos inusuales, el Individuo 1 con valores de dolor EVA 0, tiempo 101 segundos y 8 años de entrenamiento, está más propenso que el individuo 10 a experimentar dolor lumbar en el próximo año, según su menor tiempo de duración de la prueba.

En el caso del individuo 10, con valores de dolor EVA 8, tiempo 122 segundos y 5 años de entrenamiento, presenta un aumento considerable de dolor posterior, destacando que es uno de los que tiene menos años de entrenamiento del total de la muestra.

Aludiendo a los puntos palanca, se observa que al ser datos extremos y alejados de la media en la variable tiempo de duración, se podría explicar que dichos datos no se relacionan con la tendencia global de los resultados.

Finalmente, mediante los resultados se demuestra que a menor tiempo de duración en la prueba y con menos años de entrenamiento deportivo, es más probable que los deportistas participantes perciban dolor lumbar agudo. Cabe destacar que la variable tiempo de duración de la prueba es la más influyente en los resultados. Se obtiene, entonces, una posible implicancia y

relevancia clínica entre la duración de la prueba y los años de entrenamiento deportivo de cada individuo.

El bajo porcentaje de variabilidad del modelo podría explicarse por factores que no fueron analizados en la investigación, los cuáles son el tipo de nutrición (cantidad de CHO ingeridos previamente y repleción de glucógeno muscular y hepático, equilibrio hidroelectrolítico, estado anabólico y catabólico), el ánimo, motivación y competitividad, (principales factores de activación del proceso de contracción muscular y rendimiento), percepción de fatiga, tolerancia y percepción del dolor (catastrofización, factores emocionales y experiencias de dolor previo) , biomecánica y fisiología muscular (la prueba realizada es en un plano de movimiento e involucra una contracción isométrica y local), éste último, no representa los factores intrínsecos del deporte, como el tiempo, intensidad, combinación de contracciones concéntricas y excéntricas (aceleración y desaceleración del movimiento).

Cabe destacar también, que el movimiento realizado en la prueba de Biering Sorensen no es funcional-deportivo, vale decir, los resultados deben tener un análisis biomecánico y clínico posterior, por parte de un especialista del movimiento y deporte, de manera individual.

Es recomendable, mediante los resultados de este estudio, que profesionales del ejercicio físico y salud, en primera instancia, recurran a su

experticia clínica para poder aplicar los resultados a su población, aludiendo al análisis previo de los factores no abordados en la investigación, ya mencionados con anterioridad. Además de aquello, que implementen estrategias y planes de entrenamiento de resistencia aeróbica y anaeróbica de musculatura extensora de tronco en sus deportistas, junto con incentivarlos a mantener un proceso continuo y extenso de entrenamiento deportivo.

En relación a la literatura, existe una limitada evidencia que respalda o refutar la hipótesis de investigación, con lo que respecta a dolor lumbar, fatiga muscular y años de entrenamiento en jugadores de balonmano amateur a nivel nacional e internacional.

Millet y Lepers (2004) determinaron que un biomecánico puede definir la fatiga muscular como un descenso en la capacidad de generar fuerza o potencia de un músculo determinado. Si pensamos en que la musculatura estabilizadora de tronco y pelvis entran en fatiga durante un entrenamiento deportivo, se verá disminuida la fuerza de éstos, por consiguiente, se afectará la estabilidad de dichos segmentos anatómicos.

El control motor proporciona una contribución esencial a la estabilización de la columna, ya que, la columna vertebral está inherentemente inestable sin activación muscular, a pesar de la rigidez y amortiguación proporcionada por el tejido pasivo (Bergmark, 1989; Crisco and Panjabi, 1991). Por lo tanto, la

fuerza es una cualidad importante para los músculos esqueléticos del tronco (en particular los flexores y extensores), ya que, ayuda en el mantenimiento de una postura óptima y estabilidad del core (Andersson et al., 1988) y evita la carga excesiva sobre las estructuras pasivas, tales como ligamentos, tejidos conjuntivos y tendones (El-Rich et al., 2004).

De hecho, la fuerza muscular de los extensores y flexores del tronco puede contribuir a la estabilidad de la columna (Lee et al., 1999), impidiendo de este modo la ocurrencia de los trastornos musculoesqueléticos, como dolor de espalda baja. De la misma manera, un tronco fuerte y estable facilita la transferencia de las fuerzas generadas por la parte superior y los músculos de las extremidades inferiores (Kubo et al., 2011), contribuyendo así al rendimiento en diferentes deportes.

Así mismo se ha demostrado que los patrones de activación muscular específicos son necesarios para mantener la estabilidad de la columna vertebral (Brown et al., 2006; Cholewicki et al., 2000; El-Rich et al., 2004). Por tanto el dolor de espalda es consecuencia de patrones de activación muscular alterados.

Por otro lado, la literatura respalda la hipótesis de que los pacientes con dolor lumbar presentan una aceleración en la aparición de fatiga muscular en las pruebas de resistencia de extensión lumbar (Correia et al., 2016).

Leanne Hall et.al (2007) encontraron que personas con episodios de dolor lumbar muestran cambios en el reclutamiento de músculos del tronco durante el movimiento de flexión. Éstos presentaron mayor propensión para co-contrair músculos extensores y flexores de tronco durante el movimiento, esto estaría relacionado con la teoría de adaptación del dolor, que plantea que se producen cambios en el reclutamiento muscular para reducir la amplitud y velocidad de un movimiento que podría, luego, provocar dolor. Esto puede tener repercusiones sobre los movimientos funcionales de tronco y como tal proporcionar un mecanismo fisiopatológico para un nuevo episodio de dolor lumbar. También, se observan cambios en la morfología y comportamiento de los músculos profundos de tronco en individuos con dolor lumbar. En individuos sanos, estudios han revelado que la activación anticipatoria del músculo transverso del abdomen ocurre antes de armar el movimiento y es independiente de las demandas del movimiento (por ejemplo, velocidad, carga y dirección) y de la activación de otros músculos abdominales superficiales, pero, por el contrario en individuos con dolor lumbar, la activación del transverso abdominal se retrasa constantemente. (Massé-Alarie H et al., 2015).

Si lo comparamos con los resultados de estos estudios, la fatiga muscular conduciría a la aparición de dolor, luego de un ejercicio que involucra la activación muscular analizada, por consiguiente, si pensamos en cada sesión

de entrenamiento deportivo, que se provoca fatiga muscular y dolor en dicha zona, se vuelve un ciclo patológico irruptivo, pero, repetitivo.

Correia et al. (2016), concluyeron que tenistas con dolor lumbar presentaron baja activación de músculos extensores de tronco, baja co-contracción de patrones de movimiento y menor resistencia abdominal que el grupo control. Extrapolando los conceptos al grupo de deportistas lanzadores, nacen cuestionamientos en base a una posible situación similar en jugadores de balonmano.

Por otro lado, en lo que respecta a la variable años de entrenamiento, Mónaco et al. (2015), describe la epidemiología de las lesiones de balonmano de élite en las diferentes categorías de edad, comparando los jugadores profesionales con aquellos en etapas formativa de un mismo club deportivo, y si bien, no encuentra diferencias significativas en la incidencia lesional, si encuentra diferencias en el patrón lesional. En adultos profesionales las lesiones más prevalentes son las musculares y en jóvenes en formación son más prevalentes las lesiones ligamentarias. Esta mayor afectación muscular por parte de los adultos podría tener relación con el estrés físico o psicológico generado por la intensidad de la práctica deportiva. Esto demostraría que mientras más años de entrenamiento, el jugador posee mayor prevalencia de lesiones a nivel muscular, por lo tanto, éstas diferencias se deben tener en

cuenta para optimizar los programas de prevención en cada categoría de edad del balonmano.

En el análisis de este mismo grupo, las lesiones más frecuentes fueron a nivel de tobillo (18,1%), rodilla (15,3%) y región lumbar (10,6%); y las estructuras más afectadas fueron las ligamentosas (27,3%) seguida de las musculares (20,5%).

Las lesiones que generan más días de ausencia han sido las espondilolisis, potencialmente graves y con mayor riesgo de recaídas. Por lo tanto, la prevalencia de éstas lesiones también se pueden asociar a una fatiga de la musculatura implicada o a un patrón de activación muscular alterado.

Chirosa L.J. et al. (2000), Considera los años de entrenamiento en balonmano, además de otras variables, como la composición corporal y el peso, como requisito para garantizar un mínimo de condición física previa y, a la vez, una adecuada salud de los jugadores para poder realizar los entrenamientos, que consistían en la mejora de la fuerza de impulsión en un lanzamiento en balonmano a través de un entrenamiento integrado, es decir que integra la carga física y técnica dentro del mismo ejercicio.

## **8.- CONCLUSIÓN**

Se concluye que las variables años de entrenamiento y tiempo de duración de la prueba de Biering Sorensen, en conjunto, podrían predecir la percepción de dolor lumbar agudo, posterior a un trabajo realizado por la musculatura extensora de tronco, en jugadores de balonmano amateur de los clubes y universidad mencionada.

Con esta investigación existe un aporte en el ámbito de prevención de lesiones músculo - esqueléticas a nivel de columna lumbar en jugadores de balonmano amateur.

## 9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahonen Jarmo, Lathinen Tiina, Sandström Marita, Pogliano Giuliano, Wirhed Rolf. (2001). Fatiga muscular y fuerza muscular en la actividad física. En KINESIOLOGÍA Y ANATOMÍA APLICADA A LA ACTIVIDAD FÍSICA (74-88). España, Barcelona: Paidotribo.
- Andrade Carla-Krystin, Clifford Paul. (2004). MASAJE BASADO EN RESULTADOS. Barcelona: Paidotribo.
- Bahr Roald, Mæhlum Sverre. (2007). Lesiones Deportivas Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Balius Ramon, Pedret Carles, Pacheco Laura, Gutierrez Josep Antoni, Vives Joan, Escoda Jaume. (2011). Rectus abdominis muscle injuries in elite handball players: management and rehabilitation. 2011, de Open Access Journal of Sports Medicine Sitio web:  
[https://www.researchgate.net/publication/258337088\\_Rectus\\_abdominis\\_muscle\\_injuries\\_in\\_elite\\_handball\\_players\\_Management\\_and\\_rehabilitation](https://www.researchgate.net/publication/258337088_Rectus_abdominis_muscle_injuries_in_elite_handball_players_Management_and_rehabilitation).
- C. Kripper y Cols. (2013). Evaluación diagnóstica del paciente con dolor lumbar en la Unidad de Emergencia. Revista Chilena de Medicina Intensiva, Vol 28, 27-37.

Correia José Pedro, Oliveira Raul, Rocha Vaz João, Silva Luís, Pezarat-Correia Pedro. (Abril, 2016). Trunk muscle activation, fatigue and low back pain in tennis players. 2016, de Journal of science and medicine in sport Sitio web: [http://www.jsams.org/article/S1440-2440\(15\)00084-5/abstract](http://www.jsams.org/article/S1440-2440(15)00084-5/abstract).

Daenen Liesbeth, Struyf Filip, Roussel Nathalie, Rob A B Oostendorp, Patrick Cras, Jo Nijs.. (June 2012). Nociception Affects Motor Output A Review on Sensory-motor Interaction With Focus on Clinical Implications. 2012, de The Clinical journal of pain Sitio web: <https://www.researchgate.net/publication/51451605>

Demoulin Christophe, Vanderthommen Marc, Duysens Christophe, Crielaard. Jean-Michel, (2006). Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. Joint Bone Spine, 73, pp.43-50.

D'hooge Roseline, Hodges Paul, Tsao Henry, Hall Leanne, MacDonald David, Danneels Lieven. (2013). Altered trunk muscle coordination during rapid trunk flexion in people in remission of recurrent low back pain. 2013, de Elsevier, Journal of Electromyography and Kinesiology Sitio web: <http://www.kinex.cl/papers/Lumbar/II.pdf>.

Díaz Rodrigo Jordán. (2008). Disfunción de los Mecanismos de Feed-Forward del Transverso Abdominal en Presencia de Dolor Lumbar. Revista de Kinesiología, 27, pp. 21-32.

Díaz Rojas Fernanda Paz, Troncoso Olmedo Verónica Dianna. (2007). Resistencia de la musculatura flexora y extensora de columna, nivel de discapacidad e intensidad del dolor en pacientes con diagnóstico de síndrome de dolor lumbar puro. Universidad de Chile, pp.1-75.

Gejl KD, Hvid LG, Frandsen U, Jensen K, Sahlin K, Ørtenblad N.. (2014). Muscle glycogen content modifies SR Ca<sup>2+</sup> release rate in elite endurance athletes.. 2014, de Med Sci Sports Exerc. Sitio web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24091991>.

Graham Ryan, Oikawa Lisa, B.Ross Gwyneth. (2014). Comparing the local dynamic stability of trunk movements between varsity athletes with and without non-specific low back pain. Journal of Biomechanics, 47, pp.1459-1464.

Grant Cooper. (2015). Non-Operative Treatment of the Lumbar Spine. Princeton, NJ, USA: Springer.

Guevara-López Uriah, Covarrubias-Gómez Alfredo, Delille-Fuentes Ramón, Hernández-Ortiz Andrés, Carrillo-Esper Raúl, Moyao-García Diana. (2005). Parámetros de práctica para el manejo del dolor agudo perioperatorio. 2005, de Academia Mexicana de Cirugía Sitio web: <http://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2005/cc053l.pdf>

Guilhem Gaël, Giroux Caroline, Couturier Antoine, Maffiuletti Nicola A... (2014). Validity of trunk extensor and flexor torque measurements using isokinetic dynamometry. 2014, de Elsevier, Journal of Electromyography and Kinesiologyk Sitio web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25087981>.

Hall Leanne, Tsao Henry, MacDonald David, Coppieters Michel, W. Hodges Paul. (2009). Immediate effects of co-contraction training on motor control of the trunk muscles in people with recurrent low back pain. 2007, de Elsevier, Journal of Electromyography and Kinesiology Sitio web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18037309>.

Jatsu Azkue Jon, Ortiz Vicente, Torre Fernando, Aguilera Luciano. (2007). La Sensibilización Central en la fisiopatología del dolor. Gac Med Bilbao, 104, 136-140.

Kolber Morey J y Beekhuizen Kristina. (2008). Estabilización Lumbar: Una Aproximación Basada en Evidencias Científicas para el Atleta con Dolor Lumbar. 2008, de Nova Southeastern University, Ft. Lauderdale, Florida. Sitio web:

<http://g-se.com/es/prevencion-y-rehabilitacion-de-lesiones/articulos/estabilizacion-lumbar-una-aproximacion-basada-en-evidencias-cientificas-para-el-atleta-con-dolor-lumbar-1066#>.

LEMP MELCHOR. (2008). Evaluación del paciente con dolor lumbar. Revista Médica Clínica las Condes, 19, 133-137.

Mannion A, O'Riordan D, Dvorak J, Masharawi Y. (2011). The relationship between psychological factors and performance on the Biering-Sørensen back muscle endurance test.. The Spine Journal, 11, pp. 849-857.

Mirella Riccardo. (2006). Causas de la fatiga muscular. En las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. (24). Barcelona, España: Paidotribo.

Mónaco Mauricio, Gutiérrez Rincón José A., Montoro Ronsano J. Bruno, Lluís Til, Drobnic Franchek, Nardi Vilardaga Joan, Puigdellivol Grifell Jordi, Pedret Carballido Carles, Rodas Gil. (2014). Epidemiology of injuries in elite handball: Retrospective study in professional and academy handball team. Apunts. Medicina de l'Esport, 49, pp.11-19.

Pantoja C Samuel. (2012). Lesiones de la columna lumbar en el deportista . Revista Médica clínica las condes , 23(3), 275-282.

Purcell Laura, Micheli Lyle. (2009). Low Back Pain in Young Athletes. 2009, de The American Orthopaedic Society for Sports Medicine Sitio web: <http://sph.sagepub.com/content/1/3/212.short?rss=1&ssource=mfc>.

P. van Drunen , E. Maaswinkel , F.C.T.vanderHelm , J.H.van Dieën , R.Happee. (2013). Identifying intrinsic and reflexive contributions to low-back stabilization. Journal of Biomechanics, 46, pp.1440-1446.

Sung Won, Abraham Mathew, Plastaras Christopher, Silfies Sheri P.,. (Agosto 2015). Trunk motor control deficits in acute and subacute low back pain are not

associated with pain or fear of movement. 2015, de The spine journal Sitio web:  
[http://www.thespinejournalonline.com/article/S1529-9430\(15\)00350-2/abstract](http://www.thespinejournalonline.com/article/S1529-9430(15)00350-2/abstract).

Van Damme Benedicte, Veerle Stevens, Perneel Christiaan , Van Tiggelen Damien , Neyens Ellen , Duvigneaud Nathalie , Luc Moerman Luc , Danneels Lieven. (2014). A surface electromyography based objective method to identify patients with nonspecific chronic low back pain, presenting a flexion related movement control impairment. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 58, pp. 1-11.

Mark J. Pitcher, David G. Behm and Scott N. MacKinnon . (2007). Neuromuscular fatigue during a modified Biering-Sørensen test in subjects with and without low back pain . *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, pp. 549-559.

Zatsiorsky, V.M. (2002) *Kinetics of Human Motion*. Human Kinetics. Champaign, IL. 76-142.

Behm D.G. (2004) Force maintenance with submaximal fatiguing contractions. *Canadian Journal of Applied Physiology* 29(3), 274-290.

## **10.- ANEXOS**

### **10.1 Entrevista Participantes Protocolo de Investigación**

1. Nombre
2. Edad
3. Frecuencia de entrenamiento
4. Años de entrenamiento en balonmano
5. ¿Asistes al gimnasio y con qué frecuencia?
6. ¿Alguna vez has experimentado dolor de espalda baja al realizar el deporte?
7. ¿En qué momento se produce éste, luego de realizar un movimiento en específico o cuando finaliza el entrenamiento?
8. Si es así, ¿coincide con los días de entrenamiento?
9. ¿El dolor es unilateral o bilateral?
10. ¿Éste cesa con el reposo?
11. ¿Existe algún movimiento en específico que te provoque dolor al realizarlo?
12. ¿Existe algún movimiento repetitivo en tu juego? ¿Cuál?

13. ¿El lanzamiento de faja a pie firme lo realizas en reiteradas oportunidades?
14. Si es así, ¿te provoca alguna molestia o dolor dicho movimiento?
15. ¿Piensas en algún movimiento que pueda estar provocando daño a tu columna?
16. ¿Experimentas dolor diariamente o de forma recurrente, no sólo inmediatamente después de entrenar el deporte?
17. ¿Sientes dolor lumbar en estos momentos?

## **10.2 Consentimiento informado**

El propósito del presente documento es invitarlo a participar en el estudio titulado “Relación entre fatiga muscular lumbar y síndrome de dolor lumbar agudo en deportistas de balonmano amateur de la Universidad de Valparaíso y el Club Deportivo Luterano de Valparaíso, Chile”, cuyo investigador principal es Angelo Bartsch. Para que usted pueda tomar una decisión informada, le explicaremos a continuación cuál será su colaboración y los procedimientos involucrados en la ejecución de la investigación:

1. Dónde y cuándo se llevará a cabo la investigación: La investigación mencionada se realizará en Facultad de Medicina, Carrera de Kinesiología durante el año 2015.

2. Relevancia del estudio y beneficios: La relevancia de este estudio va enfocada hacia el ámbito deportivo – preventivo, ya que, a través de nuestra investigación, podremos evidenciar si la fatiga muscular de la zona lumbar (espalda baja) es un posible factor que esté provocando dolor lumbar agudo en deportistas de balonmano lanzadores amateur posterior a una sesión de entrenamiento. Si nuestra hipótesis resulta positiva, permitirá orientar a entrenadores y jugadores para evitar la aparición de la fatiga muscular lumbar, a través de protocolos de entrenamiento enfocados a generar una mayor resistencia muscular específica en la zona, previniendo así la fatiga luego de la sesión de entrenamiento, beneficiando a dichos deportistas y entrenadores, ya que disminuirá el riesgo de aparición de dolor lumbar agudo, permitiendo el buen desarrollo de la práctica deportiva, sin inconveniente alguno. Con esto también, se espera generar un aporte a los clubes deportivos en cuanto a la prevención de lesiones durante los entrenamientos, que puedan implementar un protocolo de ejercicios enfocados a prevenir la fatiga, y que sea implementado a largo plazo.

3. El objetivo de este estudio es evidenciar si la fatiga muscular lumbar es un factor que predispone a tener dolor lumbar agudo en deportistas de balonmano amateur. Esto, con la finalidad de prevenir lesiones músculo-esqueléticas lumbares en dicha población.

4. En qué consiste su participación: La participación es voluntaria, no se recibirá pago alguno. En un comienzo, los participantes deberán contestar un acotado cuestionario en base a los requerimientos previos necesarios para la realización de la evaluación y un control del color de la orina. Después de esto, a los participantes se les evaluará los parámetros basales de fatiga muscular lumbar (síntomas de fatiga, Harre ,1982): color de piel, movimiento, estado general, disponibilidad para logros (respuesta sí o no, al preguntarle si volvería a realizar el test en ese momento y estado de ánimo) y nivel de dolor lumbar (Escala Visual Análoga), de manera individual, luego, serán sometidos a un protocolo de fatiga muscular lumbar que consiste en una extensión de tronco sobre pelvis, mediante una contracción isométrica en posición prona y luego contra la gravedad más una carga externa ( que corresponda al porcentaje de masa corporal de cada individuo), por un tiempo máximo de 4 minutos, llamada la prueba de Biering Sorensen. Por consiguiente, se medirá el tiempo que puede mantenerse en dicha posición (Debe por obligación cumplirse 60 segundos de la prueba en cada participante, tiempo límite superior para comenzar la fatiga muscular, pensando en la energía anaeróbica obtenida del glucógeno), síntomas de fatiga (ya mencionados) y el nivel de dolor inespecífico de columna lumbar, también de manera individual. Previo al comienzo de todo lo mencionado, se requerirá por parte del participante: vestimenta deportiva, que no haya realizado actividad física el día anterior a la prueba, que no

presente signos de deshidratación (sin sed) y orina transparente, no haber ingerido alimentos 1 hora 30 minutos antes de la prueba. El proceso dura alrededor de 2 horas. Se realizará la intervención en la escuela de kinesiología de la Universidad de Valparaíso, durante el año 2015.

5. Riesgos: Puede, eventualmente, provocar molestias, aumento del dolor lumbar agudo de forma excesiva, o bien, provocar alguna lesión en tejidos adyacentes. Para esto, se aplicará una intervención clínica inmediata con el objetivo de disminuir signos y síntomas clínicos patológicos (a través de crioterapia, electroterapia, masoterapia, técnicas para puntos gatillos y relajación, entre otros.)

6. Costos y pagos: La investigación no tiene costo alguno, ya que, se usa indumentaria y equipos de la universidad, en caso de algún costo será asumido por los investigadores, el participante no recibirá pago alguno, ya que es voluntario.

7. Derechos del participante: La información obtenida en la investigación será notificada como protocolo de prevención y tratamiento de la patología adyacente a los participantes, al respectivo club deportivo al que pertenecen. Por otro lado, los participantes tienen el derecho a manifestar sus dudas en todo momento y, si lo consideran necesario, pueden retirarse del estudio

cuando éstos lo deseen, no perjudicándolos en lo absoluto. En caso de cualquier duda o si necesita información adicional se puede contactar (en horario de oficina) con el investigador a cargo el Kinesiólogo Angelo Bartsch al número de celular 09/62360479.

8. Reserva de la identidad del participante: El nombre del participante no será revelado, en su lugar se utilizará un código o número para identificarlo.

9. Confidencialidad de los datos: Los datos obtenidos en la investigación serán de carácter privado, teniendo solo acceso a éstos los investigadores. Los datos serán resguardados y archivados en la Escuela de Kinesiología durante 2 años, Facultad de Medicina, de la Universidad de Valparaíso, ubicada en Avenida Brasil N°1560, Valparaíso.

10. Utilización y Publicación de los hallazgos: Los resultados de la investigación sí podrán ser divulgados conforme el investigador estime conveniente, en publicaciones de tipo científica y/o académicas, las cuales podrán ser utilizadas en investigaciones futuras.

11. Evaluación Comité Bioética y contacto: Esta investigación ha sido evaluada y aceptada por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso. Si usted lo requiriera, puede contactar a alguno de sus integrantes con su secretaria administrativa, Srta. Ana María Carreño, en el teléfono 2507370. Cabe destacar, que si acepta participar, recibirá un ejemplar de este documento, firmado por el investigador.

Nombre, apellido y firma investigador principal: Ángelo Bartsch Jiménez.

Los nombres de los co-investigadores son: Sebastián Araya, Loreto Soto, Diana Tapia.

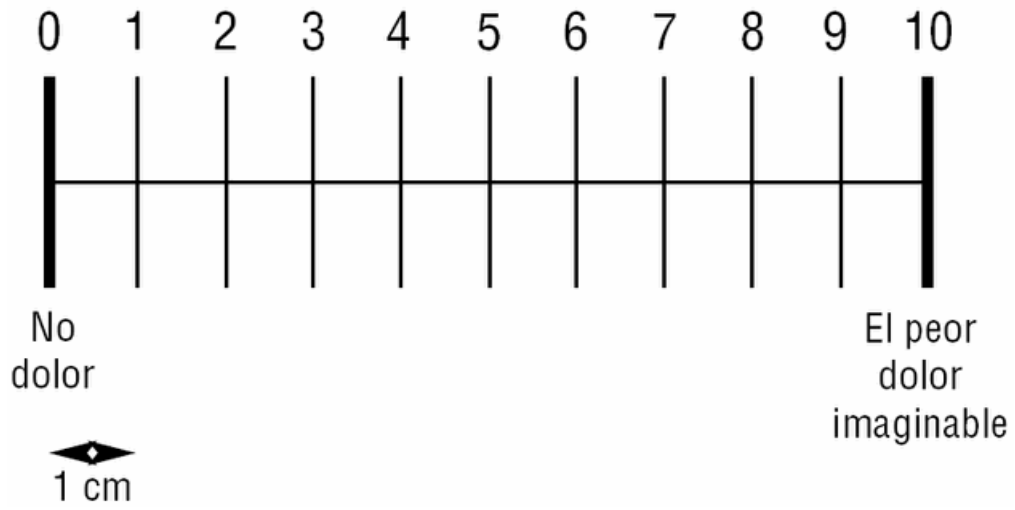
Rut: 18.299.662-9, 18.164.373-0, 18.254.937-1

Teléfono y/o mail de contacto: 09/62360479, angelobj@gmail.com

Comuna o Ciudad en que se firma: Valparaíso

### **10.3 Escala Visual Análoga**

● — ● Escala visual analógica



#### 10.4 Resultados de la muestra

Nombre	Edad	Peso (Kg)	Resistencia (Kg)	Dolor Pre	Dolor Post	Goniómetro	Tiempo (seg)	Años entrenamiento en handball	Talla (cm)
Ind. 1	22	93.2	10	0	0	15°	101	8	187
Ind. 2	21	70.1	5	0	1	20°	160	7	188
Ind. 3	18	85.4	10	0	4	16°	72	8	175
Ind. 4	25	68.9	5	0	0	18°	187	10	175
Ind. 5	21	68.4	5	0	0	20°	163	12	172
Ind. 6	23	72.4	5	0	0	8°	130	17	175
Ind. 7	27	90.2	10	0	0	12°	127	18	182
Ind. 8	18	83.4	10	0	5	20°	78	5	180
Ind. 9	18	83.2	10	0	2	20°	144	5	188
Ind. 10	18	76.6	7.5	0	8	20°	122	5	165
Ind. 11	26	90.6	10	0	0	20°	124	16	175
Ind. 12	20	85.7	10	0	8	8°	112	5	189
Ind. 13	20	84.7	10	0	3	15°	63	9	184
Ind. 14	19	75.7	5	0	5	10°	91	5	173
Ind. 15	27	97.2	10	0	4	10°	73	20	183
Ind. 16	22	68.3	5	0	3	15°	100	12	169
Ind. 17	25	96	10	0	5	12°	90	11	180
Ind. 18	26	85	10	0	4	13°	100	14	182