



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**EFFECTOS DEL DISPOSITIVO DE CARGA RESISTIDA SOBRE  
LA FUERZA MUSCULAR INSPIRATORIA Y LA CAPACIDAD  
AERÓBICA EN LOS JUGADORES DE LA SELECCIÓN  
MASCULINA DE BÁSQUETBOL DE LA UNIVERSIDAD DE LAS  
AMÉRICAS, SEDE CONCEPCIÓN 2015**

**MINOSKA NATALIA CONTRERAS CONTRERAS  
CAROLINA ANDREA FERNÁNDEZ LUENGO  
ANA BELÉN SALAMANCA BELTRÁN**

**2016**





**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**EFFECTOS DEL DISPOSITIVO DE CARGA RESISTIDA SOBRE  
LA FUERZA MUSCULAR INSPIRATORIA Y LA CAPACIDAD  
AERÓBICA EN LOS JUGADORES DE LA SELECCIÓN  
MASCULINA DE BÁSQUETBOL DE LA UNIVERSIDAD DE LAS  
AMÉRICAS, SEDE CONCEPCIÓN 2015**

Seminario de licenciatura presentado en conformidad a los requisitos para optar al grado de licenciado en kinesiología.

Profesor Guía: Daniel Pérez Collarte

**MINOSKA NATALIA CONTRERAS CONTRERAS  
CAROLINA ANDREA FERNÁNDEZ LUENGO  
ANA BELÉN SALAMANCA BELTRÁN**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al entrenador Lincoyán Villacura González y preparador físico Marcelo Tapia, por autorizar el estudio, y cooperar durante todo el proceso de la investigación.

A Carlos San Martín encargado de la indumentaria de la universidad por el tiempo, la paciencia y compromiso con nuestro proyecto de investigación.

Al profesor Javier Sepúlveda Carrasco, por la paciencia y buena disposición frente a las múltiples inquietudes expuestas a lo largo de nuestro estudio.

Anita: En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme dado la fortaleza para seguir en camino y no flaquear en los momentos difíciles, y en segundo lugar dar las gracias a mi familia y pololo por acompañarme y entregarme su amor incondicional durante todo este incierto, largo, pero hermoso proceso universitario.

Carito: Agradezco a Dios principalmente por darme fuerzas en momentos de flaquezas, por poner en mi camino a gente correcta y maravillosa, en el momento y lugar indicado. A mi familia; mi madre, mis hermanas y mi padre por su apoyo incondicional, por creer en mí. Y por último pero no menos importante a mis compañeras de tesis, por estar junto a mí en el desarrollo de este proyecto, por corregir mis falencias y resaltar mis virtudes.

Mino: Antes que todo quiero dar las gracias a Dios por darme la fuerza para superar los obstáculos y dificultades que han surgido en esta etapa de mi vida y por levantarme en aquellos momentos más difíciles. Agradecer de manera muy especial a mi familia, a mis padres, mis hermanos y mi pololo por brindarme siempre su amor, y por apoyarme incondicionalmente, gracias por ayudarme en todo momento durante el transcurso de esta hermosa etapa.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a Dios por habernos dado la fortaleza y la sabiduría para cumplir nuestras metas.

A nuestras familias por el eterno apoyo.

A todas aquellas personas que siempre confiaron en nosotras, y nos brindaron un abrazo o una palabra de aliento en momentos complicados.

A nuestro compañero y amigo Diego Andrés Vega Contreras Q.E.P.D.

## ABREVIATURAS

Pimáx	:	Presión inspiratoria máxima
VO <sub>2</sub> máx	:	Consumo máximo de oxígeno
INE	:	Instituto Nacional de Estadística
IND	:	Instituto Nacional del Deporte
O <sub>2</sub>	:	Oxígeno
CO <sub>2</sub>	:	Dióxido de carbono
Pemáx	:	Presión espiratoria máxima
CmH <sub>2</sub> O	:	Centímetros de agua
EPOC	:	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
Pdimáx	:	Presión transdiafragmática máxima
VEF <sub>1</sub>	:	Volumen espiratorio forzado en un segundo
IMC	:	Índice de masa corporal
PEF	:	Presión Espiratoria Forzada

## RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo fue analizar los efectos del entrenamiento con el dispositivo de carga resistida (POWERbreathe), en la fuerza de la musculatura inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas sede Concepción, 2015.

**Materiales y métodos:** El diseño de la investigación fue preexperimental y de temporalidad longitudinal. La muestra fue conformada por 9 sujetos de sexo masculino con edades entre 19 y 36 años de edad, asignados a un grupo único. Se realizó una evaluación al inicio y al final registrando las variables de Pimáx y capacidad aeróbica. Se llevó a cabo un entrenamiento inspiratorio de 5 semanas, 3 veces por semana, y 60 esfuerzos inspiratorios contra resistencia. En el análisis estadístico, se utilizó la prueba de t Student para muestras dependientes para analizar el efecto del grupo pre y post tratamiento.

**Resultados:** La Pimáx fue significativamente mayor ( $p=0,002$ ) post tratamiento, y capacidad aeróbica también experimentó aumento ( $p=0,001$ ) al cabo de 5 semanas de entrenamiento con el dispositivo de carga resistida.

**Conclusión:** En base a lo estudiado, se pueden generar beneficios para los jugadores de básquetbol al realizar un entrenamiento muscular inspiratorio, a través del dispositivo de carga resistida, pero no es comparable con otros estudios en la misma disciplina por la carencia de estudios disponibles, pero si es comparable con estudios en otras disciplinas deportivas, en ambas variables.

**Palabras claves:** Presión inspiratoria máxima, capacidad aeróbica, test course-navette, pimometría, entrenamiento muscular inspiratorio,  $VO_2$ máx.

## SUMMARY

**Objective:** The aim of this study was to analyze the effects of training with the resistive load device (POWERbreathe), inspiratory muscle strength and aerobic capacity in the players of the men's basketball team at the Universidad de las Américas headquarters Concepción, 2015.

**Materials and methods:** The study has a pre experimental and longitudinal design. 9 subjects aged 19 and 36 years assigned to a single group were recruited. An assessment was made at the beginning and at the end recording the variables of Pimáx and aerobic capacity. A 5-week inspiratory workout, 3 times a week, and 60 inspiratory resistance efforts were conducted. In the statistical analysis, the t Student test for dependent samples was used to analyze the effect of the pre and post treatment group.

**Results:** Pimáx was significantly higher after treatment ( $p = 0.002$ ), and aerobic capacity also increased ( $p = 0.001$ ) after 5 weeks of training with the resistive load device.

**Conclusion:** inspiratory muscle training through the resistance load device it can generate benefits for basketball players but it is not conclusive with other studies in the same discipline because of the lack of available studies.

**Key words:** Maximum inspiratory pressure, aerobic capacity, Course-Navette test, pymometry, inspiratory muscle training, VO<sub>2</sub>máx.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>5</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>2. ANTECEDENTES GENERALES</b> .....	<b>15</b>
2.1. Identificación del estudio.....	15
2.2 Justificación del estudio.....	16
2.3 Objetivos del estudio. ....	17
2.3.1 Objetivo general .....	17
2.3.2 Objetivos específicos.....	17
2.4 Pregunta de investigación .....	17
2.5 Alcances y limitaciones .....	17
2.5.1 Alcances .....	17
2.5.2 Limitaciones .....	18
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
3.1 El Básquetbol.....	19
3.1.1 Bases y perfil fisiológico del jugador de básquetbol.....	19
3.2 Aparato Respiratorio.....	20
3.2.1 Consideraciones anatómicas del aparato respiratorio .....	20
3.2.2 Diafragma: Descripción general.....	20
3.3 Función del aparato respiratorio .....	22
3.4 Ventilación pulmonar .....	23
3.4.1 Mecánica de la ventilación pulmonar.....	24
3.4.1 Volúmenes y capacidades pulmonares.....	25
3.4.1.1 Volúmenes pulmonares .....	25
3.4.1.2 Capacidades pulmonares .....	26

3.4.2 Presiones que generan el movimiento del aire pulmonar.....	27
3.4.3 Resistencias ventilatorias .....	28
3.5 Métodos de evaluación de los músculos respiratorios.....	29
3.6 Características y utilidad de la presión inspiratoria máxima.....	30
3.6.1 Valores de referencia de la Presión inspiratoria máxima.....	32
3.6.2 Pimometría .....	32
3.6.2.1 Protocolo para medir la pimometría.....	32
3.6.2.2 Instrucciones para el paciente antes del procedimiento .....	32
3.7 Capacidad cardiorrespiratoria.....	33
3.7.1 Test de course-navette.....	33
3.8 Entrenamiento muscular inspiratorio.....	34
3.8.1 Dispositivo de carga resistida POWERbreathe.....	34
3.8.2 Tipos de válvulas POWERbreathe .....	35
3.9 Entrenamiento muscular inspiratorio en deportistas .....	35
<b>4. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>37</b>
4.1 Tipo de investigación.....	37
4.1.1 Enfoque de Investigación .....	37
4.1.2 Tipo de Alcance .....	37
4.1.3 Diseño del Estudio .....	37
4.2 Población y muestra.....	37
4.3 Estrategia de muestreo.....	37
4.4 Criterios de inclusión y exclusión.....	37
4.4.1 Criterios de inclusión .....	37
4.4.2 Criterios de exclusión.....	38
4.5 Hipótesis de estudio.....	38
4.5.1 Hipótesis nula.....	38
4.5.2 Hipótesis de investigación.....	38
4.6 Variables del estudio.....	38
4.6.1 Variables dependientes.....	38
4.6.2 Variable independiente.....	39

4.7 Materiales y métodos.....	39
4.7.1 Características generales del proceso .....	39
4.7.2 Instrumentos utilizados .....	41
4.7.3 Protocolos y métodos de medición.....	41
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
5.1 Metodología del análisis de datos.....	48
5.2 Análisis e interpretación de los datos .....	49
<b>6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>7. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>56</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

En Chile según el informe anual de Cultura y Tiempo Libre que elabora el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2014), con datos del Instituto Nacional del Deporte (IND, 2014), la disciplina del básquetbol se ubicó como la segunda más popular del país.<sup>1</sup>

El básquetbol es un deporte de equipo que se juega generalmente en gimnasios o espacios cerrados, para su práctica requiere una preparación de alto nivel para competir y completar el juego de 40 a 60 minutos aproximadamente de buena forma, ya sea en un partido o en un torneo. En esta disciplina se requieren patrones de movimientos intermitentes y cambios continuos en respuesta a diferentes situaciones defensivas.<sup>2</sup>

Dados los requerimientos de demandas energéticas anaeróbicas y aeróbicas de este deporte, y el conocimiento de que el jugador puede llegar a correr cerca de 4.8 km durante un partido, los entrenadores no deben ignorar el entrenamiento aeróbico o de resistencia para el éxito del básquetbol.<sup>3</sup> La carencia del entrenamiento muscular inspiratorio en el deporte puede generar un déficit en el aporte de oxígeno ( $O_2$ ) a nivel celular, por el requerimiento altamente demandante por parte del diafragma para su funcionamiento y una acumulación de desechos producto del ejercicio, provocando como respuesta una vasoconstricción a nivel periférico ocasionando una competitividad entre los músculos esqueléticos locomotores activos, mermando el aporte de  $O_2$  a sus células, provocando así una disminución del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ) y por ende una disminución en la capacidad aeróbica, generando una fatiga de la musculatura más rápido, disminuyendo el rendimiento deportivo.<sup>3,4</sup>

Resistencia que se puede valorar a través de los test de campo, uno de ellos es el test Course-Navette, siendo uno de los más utilizados actualmente por su poder predictivo del  $VO_{2máx}$ , y su fácil aplicación, tanto en el área de la salud, escolar y deportiva.<sup>5</sup>

Actualmente se han generado variados estudios que señalen la importancia del entrenamiento de la musculatura respiratoria dentro de una disciplina deportiva, aceptando al sistema respiratorio como un limitante para lograr el éxito en ésta,<sup>6-12</sup> particularmente en ejercicios mantenidos que superan el 85 % del  $\text{VO}_2\text{máx}$ ,<sup>13</sup> se produce un requerimiento metabólico mayor en la musculatura inspiratoria, principalmente en el diafragma, ocasionando fatiga en algunos casos.<sup>2</sup> Estos estudios se han realizado en atletas, remeros, ciclistas y nadadores, dejando de lado a la disciplina del básquetbol.

Las pruebas de función pulmonar hace ya algunos años han prestado gran ayuda siendo indicadores del estado o entrenamiento de la musculatura respiratoria en distintas disciplinas deportivas. Entre ellas la presión inspiratoria máxima (Pimáx), que nos permite valorar la fuerza de los músculos inspiratorios (Diafragma e intercostales externos).<sup>3</sup>

En una revisión sistemática realizada por HajGhanbari et al. (2013),<sup>14</sup> donde seleccionaron 21 ensayos clínicos aleatorizados en los que se entrenó la musculatura respiratoria con los distintos tipos de dispositivos disponibles. Durante estos estudios la carga se incrementó gradualmente durante las semanas de entrenamiento, y en 13 de ellos los sujetos realizaron 30 inspiraciones, 2 veces al día, las cuales realizaban 3 o 4 veces por semana, con una duración de 3 a 12 semanas, siendo la más frecuente la de 6 semanas.

De aquí la importancia de realizar este estudio en basquetbolistas con un protocolo de 60 esfuerzos inspiratorios, 3 veces por semana, dispuestas en 5 semanas, esperando un aumento en la Pimáx, y por ende un mejor reclutamiento del tejido muscular inspiratorio, reflejándose en una mejora de la mecánica ventilatoria y rendimiento deportivo.

Con lo anterior se pretende aportar nueva evidencia para la kinesiología en el área deportiva, no sólo a través del enfoque músculo-esquelético, sino del enfoque respiratorio, exponiendo que el trabajo supervisado y continuo de la musculatura inspiratoria podría contribuir a la mejora del rendimiento deportivo en el básquetbol.

Por todos los antecedentes mencionados, este estudio tiene como objetivo principal analizar el efecto del dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol.

Corresponde a una investigación innovadora, ya que a nivel nacional e internacional, se tiene escasa investigación en esta área, y en el básquetbol en general.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1. Identificación del estudio

“Efectos del dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015”

Producto de los requerimientos de demandas energéticas anaeróbicas y aeróbicas de este deporte, y la noción de que el jugador puede llegar a correr cerca de 5 kilómetros durante un partido, el cuerpo técnico debe tener conocimiento del entrenamiento aeróbico o de resistencia para el éxito del básquetbol.<sup>15</sup> Resistencia que se puede valorar a través de los test de campo, uno de ellos es el test Course-Navette, siendo uno de los más utilizados actualmente, y el cual valora de forma indirecta el  $VO_2$ máx.<sup>5</sup>

A través de la historia en los deportes de alto rendimiento, se han centrado en el entrenamiento de la musculatura a nivel periférico y entrenamiento cardiovascular con ejercicios parciales o de todo el cuerpo<sup>14</sup>. Se ha demostrado que la fatiga de la musculatura inspiratoria ocurre en deportes como natación, ciclismo, fútbol y remo; en los cuales se ha demostrado que al entrenar esta musculatura se han visto mejoras en la fuerza de la musculatura inspiratoria y resistencia aeróbica.<sup>10</sup> Sin embargo existen controversias con respecto al tema, relacionados con el tipo de protocolo utilizado y el tipo de deporte.<sup>14</sup> Es por esto que se requiere investigar en profundidad si el entrenamiento de la musculatura inspiratoria, produce cambios en la fuerza de la musculatura inspiratoria y la capacidad aeróbica en el básquetbol como deporte.

## 2.2 Justificación del estudio

El entrenamiento de los músculos respiratorios son importantes también, en poblaciones que desempeñan trabajos de alta exigencia física,<sup>17</sup> se ha visto que la musculatura respiratoria puede llegar a utilizar un 16% del gasto cardíaco en ejercicios intensos, disminuyendo la entrega de O<sub>2</sub> a la musculatura esquelética utilizada, por esto no debemos restarle importancia y verla como una limitante del VO<sub>2</sub>máx, descendiénolo, y disminuyendo la capacidad aeróbica y consigo el rendimiento deportivo.<sup>15</sup> En competencias deportivas o físicas los atletas siempre buscan una manera para obtener una ventaja frente a sus adversarios,<sup>14</sup> es por esto que se considera de gran importancia el entrenamiento de dicha musculatura para reducir la fatiga muscular y aumentar la tolerancia al ejercicio.<sup>17</sup>

Las primeras investigaciones relacionadas con el estudio del entrenamiento muscular inspiratorio, demostraron que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en personas sanas durante 30-45 minutos, 5 días a la semana, por 5 semanas, provocaba un aumento en la fuerza ventilatoria.<sup>18</sup> La respuesta pulmonar durante la realización de ejercicio, puede inducir a limitaciones funcionales como fatiga significativa de los músculos respiratorios.<sup>19</sup>

Volianitis et al. (2001),<sup>8</sup> en un estudio menciona que 14 mujeres de la disciplina deportiva del remo, fueron entrenadas con un dispositivo de carga resistida POWERbreathe, en donde el grupo control obtuvo una mejora en la Pimáx, y una disminución en la percepción de la disnea a través de la escala modificada de Borg.

Romer et al. (2002),<sup>10</sup> realizaron un estudio a 16 hombres de la disciplina deportiva de ciclismo, los cuales fueron entrenados con el mismo dispositivo de carga resistida, en donde hay una atenuación de la fatiga muscular inspiratoria, pero se sugieren más estudios en donde se aclare el mecanismo por el cual mejora la resistencia a la fatiga.<sup>10</sup>

## **2.3 Objetivos del estudio.**

### **2.3.1 Objetivo general**

Analizar los efectos del dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

1. Valorar la fuerza muscular inspiratoria pre y post entrenamiento con el dispositivo de carga resistida mediante la técnica de pimometría, en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015.
2. Valorar la capacidad aeróbica pre y post entrenamiento con el dispositivo de carga resistida mediante test course-navette, en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015.
3. Comparar los resultados de la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción pre y post entrenamiento de la musculatura inspiratoria mediante dispositivo de carga resistida.

## **2.4 Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los efectos del dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015?

## **2.5 Alcances y limitaciones**

### **2.5.1 Alcances**

1. Lograr determinar los efectos que produce el dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015.

### **2.5.2 Limitaciones**

1. Imposibilidad de intervenir sobre estímulos distractores internos provocadas por distintas condiciones (estado de ánimo, grado de adherencia al tratamiento y nivel de motivación).
2. La investigación sólo abarca a sujetos de género masculino, pertenecientes a la selección de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción año 2015.
3. Problemas de salud que imposibilitaron el apego al tratamiento.
4. Suspensión de prácticas deportivas a causa de torneos previamente programados.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 El Básquetbol**

##### **3.1.1 Bases y perfil fisiológico del jugador de básquetbol**

El básquetbol es un deporte que requiere de las demandas energéticas de las 3 vías de producción de energía, con una mezcla potente de la energía aeróbica y anaeróbica.<sup>20</sup> En donde las demandas anaeróbicas son las encargadas de aportar energía para las contracciones musculares de alta intensidad y de corta duración, sin la presencia de O<sub>2</sub>. Además de aquello posee la función de regenerar y recuperar la energía de forma rápida. Ayudan al éxito de los saltos, carreras de corta duración (sprint), aceleraciones y desaceleraciones en un juego de básquetbol.<sup>4,20</sup>

Con respecto a las demandas aeróbicas, se ha considerado que el juego del básquetbol es un deporte aeróbico con alternantes de períodos anaeróbicos.<sup>20</sup> En donde este mecanismo oxidativo va a contribuir a la recuperación de los esfuerzos anaeróbicos. Por ende es fundamental para conseguir un retraso en la aparición de la fatiga, una mejor recepción del entrenamiento, y favorecer a una mejor eficiencia técnica por mucho más tiempo.<sup>20</sup> El sistema aeróbico va ayudar a mantener las acciones de baja intensidad, y prolongada duración, que representan aproximadamente el 65% del juego.<sup>4</sup>

Se debe tener en cuenta que el VO<sub>2</sub>máx promedio en jugadores de elite de básquetbol es de aproximadamente 60 ml/kg/min, mientras que en jugadores de básquetbol amateur es de 52 ml/kg/min aproximadamente.<sup>66</sup> La cuantificación, y registro del VO<sub>2</sub>máx, para los entrenadores y cuerpo técnico del básquetbol es de gran apoyo, ya que de esta forma se puede modificar la duración e intensidad de los entrenamientos deportivos, y conseguir un óptimo rendimiento en este deporte.<sup>67</sup> La valoración del VO<sub>2</sub>máx, se puede valorar a través de los test de campo, uno de ellos es el test Course-Navette, siendo uno de los más utilizados actualmente.<sup>5</sup>

## **3.2 Aparato Respiratorio**

### **3.2.1 Consideraciones anatómicas del aparato respiratorio**

El aparato respiratorio está constituido por diferentes órganos, en donde cada uno está encargado de una función específica. Se puede dividir según su estructura y función. De acuerdo a su estructura lo podemos clasificar en vía aérea superior e inferior. En donde la vía aérea superior comprende la nariz, la faringe y estructuras asociadas. La vía aérea inferior incluye la laringe, la tráquea, los bronquiolos y los pulmones. Funcionalmente al aparato respiratorio lo podemos clasificar en: 1) La zona de conducción, que abarca múltiples cavidades y tubos interconectados al interior y exterior de los pulmones, cuya función es filtrar, calentar y humedecer el aire, y lo conducen hacia los pulmones, entre ellos la nariz, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y los bronquiolos terminales. 2) La zona respiratoria que es en donde se realiza el intercambio gaseoso de O<sub>2</sub> y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre el aire y la sangre.<sup>21</sup>

### **3.2.2 Diafragma: Descripción general**

El diafragma es el principal músculo de la inspiración en reposo, en forma aislada o en conjunto con los músculos intercostales externos.<sup>22</sup> El diafragma es un músculo ancho, plano y alargado, tiene forma de doble cúpula, una para cada cavidad pulmonar, llamadas hemidiafragmas que cierran por abajo a la cavidad torácica (donde es convexo) y la separan de la cavidad abdominal (donde es cóncavo) y forma dos hiatos: el hiato esofágico, que se encuentra en una dirección antero superior, y a la izquierda del hiato aórtico. Posee un orificio redondo para el esófago situado en el músculo del pilar derecho del diafragma a nivel de T10. Por este ingresan también troncos vagales anteriores y posteriores, ramas esofágicas de los vasos gástricos izquierdos, y unos pocos vasos linfáticos; y el hiato aórtico, que es un orificio posterior al diafragma, para el paso de la arteria aorta, que no perfora el diafragma, por ende su flujo no se ve afectado por los movimientos de este músculo durante la respiración.<sup>23</sup>

El pericardio, recibe al corazón, quien descansa en la parte central del diafragma, lo deprime ligeramente, descendiéndolo y formando dos cúpulas, una derecha y una izquierda. La cúpula derecha es más alta que la izquierda debido a la presencia del hígado, y en la espiración ésta se eleva hasta la 5° costilla, y la cúpula izquierda asciende hasta el 5° espacio intercostal.<sup>23</sup>

El diafragma posee tres diferentes tipos de fibras musculares; (1) fibras de oxidación lenta en un 55% de su totalidad, que son fuertemente resistentes a la fatiga, (2) fibras rápidas de oxidación lenta en un 20% de su totalidad, y (3) fibras medianamente resistentes a la fatiga en un 25% de todas las fibras musculares disponibles en este músculo.<sup>61</sup>

Por su gran distribución de fibras lentas, y por consiguiente su gran capacidad oxidativa, se puede decir que es un músculo muy adaptativo, y por ende tiene la capacidad de ser entrenable.<sup>61</sup>

#### **a) Inserción**

El diafragma posee tres porciones:<sup>24,25</sup>

- Una porción esternal o tendón central.
- Una porción costal.
- Una porción lumbar o crural.

La porción esternal, posee un centro tendinoso, inelástico, que se inserta en la cara posterior del proceso xifoides, tiene forma de dos lóbulos, separados por el hiato mediano de la porción esternal, el cual le da la forma de las dos cúpulas.<sup>24,25</sup>

La porción costal, nace del tendón central, dirigiendo sus fibras hacia anterior y llegar a insertarse en el proceso xifoides y hacia lateral para insertarse en los cartílagos y costillas 10 a 12.<sup>24,25</sup>

La porción lumbar, también nace del tendón central y dirige sus fibras musculares hacia las 3 primeras vértebras lumbares y las últimas costillas donde finalmente llegan a insertarse.<sup>24,25</sup>

### **b) Vascularización**

La irrigación del diafragma se encuentra dada por las 5 arterias intercostales superiores y las subcostales, las cuales llegan al borde costal. Por otro lado, la irrigación de la parte inferior del diafragma, está dada por las arterias frénicas inferiores, en la que sus ramas principales nacen de la aorta abdominal.<sup>24</sup> La cara superior del diafragma, es drenada por las venas pericardio frénicas y músculo frénicas, que drenan en las venas torácicas internas. Siguiendo por ende un camino inverso a la de las arterias, que a finales confluye en la vena cava superior e inferior.<sup>23, 26</sup>

### **c) Inervación**

El músculo diafragma se encuentra inervado de manera motora y sensitiva por el nervio frénico, el cual se origina en la raíces de C3-C4, haciendo su recorrido desde cervical hasta el mediastino y la cavidad intratorácica.<sup>25</sup> En donde su raíz principal, nace en el cuarto nervio cervical, y sus raíces componentes, en el tercer y quinto nervio cervical. Es un nervio principalmente motor, pero que en menor medida contiene fibras de tipo vegetativas.<sup>26</sup>

## **3.3 Función del aparato respiratorio**

Dentro de los componentes del aparato respiratorio podemos destacar:<sup>27</sup>

- 1.- Las vías aéreas (conductos que comunican el medio exterior con la superficie de intercambio).
- 2.- El tórax (componente defensor del pulmón y motor de la ventilación).
- 3.- El pulmón (amplia superficie de intercambio entre aire y sangre, ubicado al interior del tórax, no posee movimiento por sí solo).

La energía necesaria para la mayor parte de las funciones del organismo se obtiene de las grasas e hidratos de carbono principalmente. Este proceso requiere de O<sub>2</sub> para su funcionamiento.<sup>19, 27</sup> El aparato respiratorio cumple la importante función de brindar el O<sub>2</sub> captado del aire atmosférico necesario para el metabolismo celular, ayudando también la excreción de CO<sub>2</sub> producto de este mismo proceso.<sup>28, 29</sup> La musculatura respiratoria a diferencia de los músculos esqueléticos, poseen una mayor capacidad oxidativa, lo que les permite obtener una mayor densidad capilar y un mayor riego sanguíneo.<sup>61</sup>

El O<sub>2</sub> procedente del aire es puesto a disposición de la circulación pulmonar, encargándose así el aparato circulatorio del transporte (la mayor parte unido a la hemoglobina y una pequeña parte disuelto en el plasma) a los tejidos que lo requieran, tomando el CO<sub>2</sub> para transportarlo a los pulmones donde estos se encargarán de eliminarlo hacia el exterior. La barrera hematogaseosa es extremadamente delgada, es aquí donde se produce el intercambio gaseoso respiratorio. El O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se mueven entre el aire y la sangre, desde un área de mayor presión a un área de menor presión parcial por difusión simple.<sup>29</sup> El sistema respiratorio también ayuda a mantener el balance entre ácidos y bases en el cuerpo a través de la eficiente eliminación o retención de CO<sub>2</sub> de la sangre.<sup>19</sup>

### **3.4 Ventilación pulmonar**

Mena y Bolton la definen como: “Fenómeno mecánico que asegura el recambio del aire contenido dentro de los alvéolos”.<sup>27</sup> La ventilación se da gracias a las fuerzas generadas por la musculatura respiratoria sobre la caja torácica y los pulmones. Estas fuerzas producen un cambio en el volumen pulmonar y crean una diferencia de presión entre la atmósfera y los pulmones, lo que provoca la entrada de aire en los mismos.<sup>29</sup>

De todo el volumen de aire que entra a los pulmones solo una parte llega a los alvéolos, es por ello que se divide en ventilación alveolar y espacio muerto. La

ventilación alveolar es la cantidad de aire que entra en los alvéolos y participa en el intercambio gaseoso, en un minuto. El espacio muerto fisiológico es el volumen de aire de los alvéolos que no participa en el intercambio gaseoso, éste a su vez se divide en espacio muerto anatómico y espacio muerto alveolar. El espacio muerto anatómico es el aire que llena la vía aérea y no participa en el intercambio gaseoso. El espacio muerto alveolar es el volumen de aire que alcanza los alvéolos pero que no interviene en el intercambio gaseoso debido a que estos alvéolos ventilados no se perfundieron por la sangre capilar pulmonar. El espacio muerto fisiológico es la suma del espacio muerto anatómico y el espacio muerto alveolar.<sup>29</sup>

### **3.4.1 Mecánica de la ventilación pulmonar**

Fenómeno primordialmente mecánico donde se realiza un recambio constante del aire alveolar, alternando la entrada de aire o inspiración y la salida de aire o espiración. Este proceso es logrado con la correcta obtención de los flujos y volúmenes de aire introducidos en la vía aérea hasta los alvéolos, además de la eliminación desde estos hacia el exterior, todo esto producto de los cambios de las presiones las cuales dependen de factores mecánicos de la contracción de la musculatura respiratoria, de la elasticidad del tórax y de los pulmones, de las presiones resultantes de la actividad muscular y de la resistencia al flujo de aire a través de las vías aéreas.<sup>29</sup>

La inspiración tranquila comienza con la activación y contracción del diafragma, el cual aumenta el diámetro anteroposterior, vertical y transversal del tórax, se produce un descenso del centro frénico aumentando el diámetro vertical del tórax, y chocando con las vísceras desplazándolas hacia anterior, siendo contenidas por la faja abdominal. El diafragma toma como punto fijo las vísceras su contracción moviliza las últimas costillas donde se inserta rotándolas hacia posterior, asciende su extremo anterior, el esternón se proyecta hacia arriba y adelante, aumentando el diámetro antero-posterior<sup>29</sup>.

Este movimiento de rotación de las costillas provoca movimiento de asa de cubo en las costillas (un movimiento de descenso tanto del extremo anterior como del extremo posterior con una elevación del cuerpo de las costillas) que provoca una horizontalización de las costillas y aumenta el diámetro transversal del tórax.<sup>23</sup>

Para que se produzca el ascenso de las costillas y la expansión de los pulmones es necesario que se fijen la primera y la última costilla. La primera por los músculos escalenos y la última por el cuadrado lumbar. Cuando hacemos inspiración forzada intervienen otros músculos, los músculos accesorios de la inspiración, que son el esternocleidomastoideo, serrato anterior, pectorales y dorsal ancho.<sup>23,27,29</sup>.

En la espiración lenta normal no intervienen músculos para realizarla, es un mecanismo pasivo, la produce la retracción elástica del parénquima pulmonar y la caja torácica o cuando dejan de actuar la musculatura de la inspiración, es completamente pasivo, mientras que la espiración forzada pretende disminuir aún más los diámetros de la caja torácica para provocar un mayor colapso del pulmón y es necesaria la actuación de los músculos espiratorios (abdominales, intercostales internos).<sup>29</sup>

### **3.4.1 Volúmenes y capacidades pulmonares**

Un método simple para estudiar la ventilación pulmonar consiste en registrar el volumen de aire que entra y sale de los pulmones, mediante una espirometría.<sup>28</sup>

#### **3.4.1.1 Volúmenes pulmonares**

*1. Volumen corriente (VC):* Es el volumen de aire inspirado o espirado con cada respiración normal. Se le pide al paciente: “respire tranquilamente”. En un adulto es de unos 400 a 600 ml, de esta cantidad el pulmón solo moviliza aproximadamente una décima parte, por ende existen relevantes reservas en la inspiración y espiración, a las cuales recurrir cuando se eleven las demandas ya sea por ejercicio físico, llanto, fonación, etc.<sup>27,28</sup>

2. *Volumen de reserva inspiratoria (VRI)*: Es el volumen extra de aire que puede ser inspirado sobre el del volumen corriente. El explorador dice al paciente: “Inspire la mayor cantidad de aire que usted pueda”. En un varón adulto es de unos 3000 ml.<sup>27,28</sup>

3. *Volumen de reserva espiratoria (VRE)*: Es el volumen de aire que puede ser espirado en una espiración forzada después del final de una espiración normal. El explorador dice al paciente: “Expulse la mayor cantidad de aire que usted pueda”. En un varón adulto es de unos 1100 ml.<sup>27,28</sup>

4. *Volumen residual (VR)*: Este volumen no puede medirse directamente como los anteriores. Es el volumen de aire que permanece en los pulmones al final de una espiración forzada, no puede ser eliminado ni siquiera con una espiración forzada y es importante porque proporciona aire a los alvéolos para que puedan airear la sangre entre dos inspiraciones. En un varón adulto es de unos 1200 ml.<sup>27,28</sup>

#### **3.4.1.2 Capacidades pulmonares**

Son combinaciones de 2 o más volúmenes.<sup>27,28</sup>

1. *Capacidad inspiratoria (CI)*: Es la combinación del volumen corriente más el volumen de reserva inspiratoria ( $VC + VRI$ ). Es la cantidad de aire que una persona puede inspirar comenzando en el nivel de espiración normal y distendiendo los pulmones lo máximo posible. En un varón adulto es de unos 3500 ml.<sup>27,28</sup>

2. *Capacidad residual funcional (CRF)*: Es la combinación del volumen de reserva espiratorio más el volumen residual ( $VRE + VR$ ). En un varón adulto es de unos 2300 ml.<sup>27,28</sup>

3. *Capacidad vital (CV)*: Es la combinación del volumen de reserva inspiratorio más el volumen corriente, más el volumen de reserva espiratorio ( $VRI + VC + VRE$ ). Es la cantidad máxima de aire que una persona puede eliminar de los pulmones después de haberlos llenado al máximo.

El explorador dice al paciente: “Inspire todo el aire que pueda y después espire todo el aire que pueda”. La medición de la capacidad vital es la más importante en la clínica respiratoria para vigilar la evolución de los procesos pulmonares. En un varón adulto es de unos 4600 ml. En esta prueba se valora mucho la primera parte de la espiración, es decir, la persona hace un esfuerzo inspiratorio máximo y a continuación espira tan rápida y completamente como puede. El volumen de aire exhalado en el primer segundo, bajo estas condiciones, se llama volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV<sub>1</sub>, siglas en inglés). En adultos sanos el FEV<sub>1</sub> es de alrededor del 80% de la capacidad vital, es decir, que el 80% de la capacidad vital se puede espirar forzosamente en el primer segundo. El FEV<sub>1</sub> constituye una medida muy importante para examinar la evolución de una serie de enfermedades pulmonares. En las enfermedades pulmonares obstructivas, por ejemplo, el FEV<sub>1</sub> está disminuido.<sup>27,28</sup>

4. *Capacidad pulmonar total (CPT)*: Es la combinación de la capacidad vital más el volumen residual (CV + VR). Es el volumen máximo de aire que contienen los pulmones después del mayor esfuerzo inspiratorio posible. En un varón adulto es de unos 5800 ml.<sup>27,28</sup>

### **3.4.2 Presiones que generan el movimiento del aire pulmonar**

1. *Presión atmosférica*: Para la fisiología respiratoria es un punto de referencia, su valor es cero, describiéndose a las demás presiones como diferencias negativa o positiva.<sup>27,29</sup>

2. *Presión de la boca*: Cuando no hay flujo de aire y con la boca abierta, es igual a la presión atmosférica y a la de los alvéolos. Si se realizan movimientos respiratorios fluctúa levemente por arriba o por debajo de la presión atmosférica. La presión estática en la boca es la técnica más utilizada para la medición de la fuerza muscular.<sup>27,29</sup>

3. *Presión pleural*: En la respiración espontánea es habitualmente negativa, porque el tamaño de reposo del pulmón es menor que el del tórax.<sup>27,29</sup>

4. *Presión alveolar*: Presión que se encuentra en el interior de los alvéolos, cuando no hay flujo de aire y con la glotis abierta, es igual a la presión atmosférica, pero, por efecto de los movimientos del tórax, se hace mayor o menor que la de la boca, generando el flujo a través de las vías aéreas.<sup>27,29</sup>

5. *Presión transpulmonar*: Es la diferencia entre la presión de la boca y la presión pleural (la cual refleja el comportamiento de la pared torácica). Su medición refleja específicamente la fuerza del diafragma.<sup>27,29</sup>

### **3.4.3 Resistencias ventilatorias**

Para obtener una correcta movilización del aire captado, los músculos respiratorios deben vencer dos tipos de fuerzas que se oponen:<sup>27</sup>

La elasticidad del pulmón y el tórax: Tiende a mantener el pulmón y el tórax en su posición de equilibrio al final de espiración. Esta resistencia se designa elastancia, posee la capacidad de recuperar la energía que se invierte en dejar que el cuerpo deformado vuelva por sí mismo a su posición de partida, sin un nuevo gasto energético. En el caso del pulmón, ésta se opone a la inspiración pero es propulsora de la espiración en cualquier nivel del volumen pulmonar. La situación para el tórax es más compleja, se puede decir que esta estructura se expande fácilmente cuando el volumen pulmonar está sobre la CRF (volumen al final de la espiración en reposo), y que se resiste a reducir su volumen bajo este nivel.<sup>27</sup>

**Tabla 3.1** Determinantes de la elasticidad pulmonar y torácica.<sup>27</sup>

1. Estructura fibro-elástica del parénquima pulmonar.
2. Tensión superficial en la interfase aire-líquido alveolar.
3. Tejido conectivo y elástico de vasos y bronquios.
4. Contenido de sangre del lecho vascular pulmonar.

Resistencias friccionales: Se deben principalmente al roce del aire en las vías aéreas y, en menor medida, a la fricción interna de los tejidos del aparato respiratorio. La energía invertida en vencer estas resistencias no es recuperable.<sup>27</sup>

La fuerza necesaria para vencer una resistencia friccional aumenta en relación a la velocidad del movimiento y/o a la magnitud del flujo aéreo. Por otro lado, la fuerza requerida para deformar las estructuras elásticas es independiente de la velocidad con que se realiza el cambio de flujo aéreo.<sup>27</sup>

Durante la inspiración corriente los músculos vencen la fuerza de retracción elástica y resistencias friccionales, mientras que en la espiración basta que los músculos se relajen para que el aire salga de forma pasiva. Sólo en maniobras que requieren espiración forzada contra algún obstáculo y en ventilaciones sobre 20 l/min intervienen los músculos espiratorios.<sup>27</sup>

### **3.5 Métodos de evaluación de los músculos respiratorios**

Actualmente existen variadas pruebas para valorar la musculatura respiratoria. De mayor interés aquellos que tienen un carácter cuantitativo, no invasivos y que no dependen tanto del esfuerzo del paciente. En donde las presiones estáticas máximas han tomado gran valor, especialmente la Pimáx.<sup>30</sup>

Las presiones estáticas máximas, son pruebas muy sencillas de realizar, en donde la fuerza de los músculos respiratorios corresponden a las presiones bucales máximas:

Pimáx y Pemáx (Presión espiratoria máxima),<sup>30</sup> y que nos permiten valorar la fuerza global de la musculatura respiratoria.<sup>31</sup>

Por otro lado se encuentran los métodos de evaluación de carácter invasivos, que se utilizan principalmente en pacientes que presentan algún tipo de deterioro cognitivo, o una limitación funcional severa, por ende se hace muy difícil objetivar la fuerza de la musculatura respiratoria mediante pruebas no invasivas, y en donde toma gran importancia la Presión transdiafragmática máxima (Pdimáx).<sup>30,31</sup>

La Pdimáx, también es una forma de evaluar la fuerza máxima del diafragma, músculo que al contraerse genera una diferencia de presión a nivel torácico (pleural) y a nivel abdominal. Para la medición de la Pdimáx se necesita introducir un balón a nivel del esófago, aproximadamente en el tercio medio de éste, con el fin de valorar la presión esofágica (Pes), y ubicar también un balón en el cuerpo del estómago con el objetivo de valorar la presión gástrica (Pga). En donde la Pdimáx es la diferencia entre ambas presiones. En donde la Pes refleja la presión pleural y la Pga, a la presión abdominal.<sup>30,31</sup>

### **3.6 Características y utilidad de la presión inspiratoria máxima**

La Pimáx es la presión máxima que un individuo puede ejercer con sus músculos inspiratorios durante una inspiración forzada contra una boquilla ocluida, desde volumen residual (VR). Cuyo valor obtenido se expresa en centímetros de agua (CmH<sub>2</sub>O).<sup>32,33</sup>

La medición de la Pimáx se realiza a través de una prueba que es bastante fácil de realizar, y que es bien tolerada por los pacientes.<sup>32</sup> Es una prueba que presenta un costo bastante razonable, que es reproducible, de carácter no invasivo, y que presenta valores de referencia para personas adultos y niños, que dependen de la edad, sexo, volumen pulmonar, y posición del paciente durante la prueba.<sup>31</sup>

La Pimáx es una medida de la capacidad que tienen los músculos respiratorios para generar fuerza, que se puede ver afectada por la configuración del tórax de cada sujeto, principalmente del músculo diafragma, sin que existan algún tipo de alteración muscular, como es en otros casos de enfermedades respiratorias, como en la Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).<sup>33</sup>

La principal utilidad que presenta la medición de las presiones respiratorias máximas, es en el diagnóstico y tratamiento de pacientes que presentan enfermedades obstructivas crónicas, y en aquellos que presentan enfermedades neuromusculares, en donde sus músculos respiratorios se vean afectados.<sup>34</sup>

La medición de la Pimáx cobra gran importancia en las enfermedades neuromusculares, como en la Distrofia muscular de Duchenne y Becker, Atrofias espinales, entre otras,<sup>32</sup> ya que anualmente se debe medir la Pimáx en los pacientes que padecen este tipo de enfermedades.<sup>35</sup>

La mayoría de las personas que sufren de EPOC presentan debilidad de la musculatura inspiratoria,<sup>36</sup> por lo que ya hace varios años se ha incorporado a la rehabilitación respiratoria, el entrenamiento de los músculos respiratorios en fuerza y resistencia a través de protocolos de entrenamiento con dispositivos umbral, a un porcentaje de la Pimáx, por ende la medición de la Pimáx al inicio del tratamiento contribuye a un correcto entrenamiento de la musculatura inspiratoria.<sup>37</sup>

La suspensión de la ventilación artificial, representa para el paciente, el paso desde una ventilación que le ha sido reemplazada, a la mantención de la respiración de forma espontánea y normal, por ende en pacientes que precisen de ventilación mecánica, y que se encuentren en proceso de retiro de esta condición, la importancia de la Pimáx radica en que es uno de los criterios para la desconexión de ésta.<sup>38</sup>

En el ámbito deportivo, la Pimáx ha demostrado su cuota de importancia, ya que en estos últimos años se han realizado variados estudios en los cuales se realizaron entrenamientos de los músculos respiratorios,<sup>8,10,12,14</sup> destinados principalmente a mejorar la capacidad aeróbica en los deportistas, en donde a través de la medición de la Pimáx, se crean protocolos de entrenamiento, y a través de su medición periódica se realizan los ajustes de las cargas de trabajo a los dispositivos de entrenamiento.<sup>17</sup>

### 3.6.1 Valores de referencia de la Presión inspiratoria máxima

Los valores de referencia de la Pimáx son los propuestos por Black y Hyatt, quienes hicieron un estudio a 120 sujetos sanos de ambos sexos, entre 20 y 74 años de edad, y determinaron los valores de Pimáx, y plantearon las siguientes ecuaciones, según la edad y sexo, para la población sana:<sup>39</sup>

**Tabla 3.2** Valores de referencia de la Presión inspiratoria máxima.<sup>39</sup>

Hombres	143 - (0,55 x edad)
Mujeres	104 - (0,51 x edad)

### 3.6.2 Pimometría

#### 3.6.2.1 Protocolo para medir la pimometría

El procedimiento que se utilizó para medir la Pimáx, fue muy parecida a la técnica utilizada por Black y Hyatt en el año 1969, técnica que actualmente es la más utilizada.<sup>39</sup>

#### 3.6.2.2 Instrucciones para el paciente antes del procedimiento<sup>22</sup>

1. Paciente debe asistir al procedimiento con ropa cómoda, de preferencia deportiva.
2. No asistir con ropa muy ajustada, que presionen el tórax o el abdomen, como chalecos, corsés, entre otras.
3. Haber consumido comidas livianas.
4. No realizar ejercicio vigoroso al menos cuatro horas previas al procedimiento.

5. Evitar tabaquismo al menos dos horas antes del procedimiento.
6. No es necesario interrumpir el tratamiento de base del paciente antes del procedimiento.

### **3.7 Capacidad aeróbica**

El estudio de la capacidad aeróbica ha sido tema de investigación durante muchos años, su relación con variables como la salud, condición física, rendimiento deportivo y otros, nos han permitido incorporar el  $VO_2$  máx como una herramienta invaluable para evaluar el estado del sistema cardiorrespiratorio, definido como la cantidad máxima de  $O_2$  que el cuerpo puede consumir durante un ejercicio intenso.<sup>5</sup>

Al realizar ejercicio intenso los músculos respiratorios pueden llegar a ser una limitante para los músculos esqueléticos, ya que disminuye la distribución de  $O_2$  a los mismos, y consigo el  $VO_2$  máx, y el desempeño a dichas tareas.<sup>17</sup>

En las disciplinas que requieran una capacidad aeróbica principalmente, se ve limitado su rendimiento por la fatiga de la musculatura respiratoria ante esfuerzos máximos o submáximos. A consecuencia de esto se activa un reflejo metabólico, provocando una respuesta simpática de vasoconstricción en la musculatura locomotora periférica activa, mermando el flujo sanguíneo rico en  $O_2$  a estos, y redistribuyéndolo a los músculos respiratorios, acrecentando la fatiga músculo-esquelética y la percepción del individuo frente al esfuerzo, pero si apoyando la función y perfusión pulmonar, sobre todo durante los estados fisiológicos en los que hay competencia por el gasto cardíaco, como ocurre en el ejercicio.<sup>17</sup>

#### **3.7.1 Test de Course-Navette**

El test de Course-Navette es una prueba de tipo indirecta, continua, incremental y máxima, que fue creada por Léger y Lambert en el año 1982.<sup>5</sup> El objetivo de este test es estimar la capacidad aeróbica máxima e indirectamente el consumo máximo de oxígeno, el cual se mide a través del  $VO_2$  máx.<sup>40</sup>

### **3.8 Entrenamiento muscular inspiratorio**

La fatiga de la musculatura respiratoria, principalmente la inspiratoria, puede producirse en la realización de deportes de alta exigencia, ya que en este tipo de ejercicios esta musculatura consume entre un 10 y un 15% del O<sub>2</sub> total, cuando el ejercicio supera el 85% del VO<sub>2</sub>máx provocando la fatiga del diafragma, principal músculo de la inspiración, y como consecuencia genera una disminución en el rendimiento deportivo.<sup>42</sup> Todas estas limitaciones que puede provocar el sistema respiratorio han llevado a la utilización de diferentes dispositivos para entrenar esta musculatura, principalmente utilizados para aumentar la fuerza y resistencia de ésta y así mejorar la capacidad aeróbica.<sup>1</sup> Además se han encontrado mejoras con respecto a la tolerancia al ejercicio, y a la disminución de la sensación de disnea.<sup>17</sup>

El entrenamiento de la musculatura inspiratoria tiene sus comienzos en los años 80, y existen 3 tipos de dispositivos que son los más utilizados actualmente: dispositivos umbral, dispositivos de carga resistiva y dispositivos de hiperpnea isocápnica voluntaria. Los dispositivos umbral y de carga resistiva se ajustan mediante un porcentaje de la P<sub>imáx</sub> y sirven para mejorar la fuerza de la musculatura, y los dispositivos de hiperpnea isocápnica voluntaria sirven para mejorar la resistencia debido a que son cargas de intensidad baja pero de duración mas prolongada.<sup>17</sup>

#### **3.8.1 Dispositivo de carga resistida POWERbreathe**

Hoy en día es bien sabido que el sistema respiratorio puede impedir la realización de ejercicio físico en personas con patologías pulmonares y/o cardiovasculares, es por esto que en el último tiempo se ha visto aumentado el interés por el entrenamiento de la musculatura respiratoria, principalmente la inspiratoria, con el objetivo de mejorar la capacidad aeróbica, incrementar la calidad de vida de pacientes que presenten patologías respiratorias o para mejorar el rendimiento deportivo en personas sanas.<sup>17</sup>

POWERbreathe es un dispositivo de carga resistida, patentado por IMT Technologies LTD, que permite entrenar la musculatura inspiratoria, mediante una válvula que ofrece una resistencia al pasar el aire a través de ésta.<sup>17</sup>

POWERbreathe es un dispositivo de entrenamiento para la fuerza de la musculatura inspiratoria, de fácil utilización, para personas de todas las edades y condición física, desde personas con enfermedades respiratorias como el asma, hasta deportistas de alto rendimiento. Este dispositivo utiliza una técnica conocida como entrenamiento de resistencia, fortalece los músculos respiratorios que se utilizan para inhalar, principalmente el diafragma y los músculos del tórax al hacerlos trabajar más, de la misma manera que lo haría si hiciera ejercicios con pesas en un gimnasio para el fortalecimiento de la musculatura de brazos o piernas.<sup>44</sup>

### **3.8.2 Tipos de válvulas POWERbreathe**

Los dispositivos de entrenamiento de la musculatura inspiratoria POWERbreathe presenta en total 12 modelos diferenciados, agrupados en 4 series denominadas: Classic, Plus, Ironman e Irongirl; y 3 niveles de resistencia cada uno, diferenciadas por los rangos de las resistencias proporcionadas en la inspiración denominadas: Salud, Deporte y Rendimiento. Además ahora se agregó una nueva serie denominada K-series.<sup>45</sup>

### **3.9 Entrenamiento muscular inspiratorio en deportistas**

Durante los últimos años, los investigadores han mostrado cierto interés sobre las implicancias del sistema respiratorio en el rendimiento físico de los deportistas. Algunos estudios sobre el entrenamiento de la musculatura respiratoria, realizado en nadadores, ciclistas, futbolistas y remeros mostraron beneficios en el aumento de la fuerza y resistencia de los músculos inspiratorios, cambios significativos en la Pimás y percepción subjetiva frente a esfuerzos.<sup>12,14,17</sup>

Frente a ejercicios intensos y mantenidos, la musculatura respiratoria utiliza el 16% del gasto cardíaco total, abasteciendo con menos O<sub>2</sub> a la musculatura esquelética, quienes son responsables del movimiento que se requiere en la realización del deporte deseado, generándose así una competencia entre ambos, ya que a mayor exigencia de O<sub>2</sub> de los músculos respiratorios, menor será el suministro para los músculos esqueléticos en funcionamiento, provocándose una fatiga muscular.<sup>17,46</sup>

Estudios como el de Romer (2008),<sup>46</sup> muestran la importancia de formular un plan de entrenamiento específico, demostrando que el correcto funcionamiento de la musculatura respiratoria trae consigo beneficios en el rendimiento físico en deportistas, ya que al hacerlo de una manera adecuada, se produciría una correcta distribución del O<sub>2</sub> circulante y así no se le restaría a la musculatura esquelética activa, esto podría repercutir en el metabolismo energético de la musculatura respiratoria.<sup>17, 46</sup>

## **4. MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo de investigación**

#### **4.1.1 Enfoque de Investigación**

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo.

#### **4.1.2 Tipo de Alcance**

La investigación tuvo un alcance descriptivo.

#### **4.1.3 Diseño del Estudio**

El diseño de la investigación fue preexperimental y de temporalidad longitudinal.

### **4.2 Población y muestra**

Universo: Sujetos basquetbolistas.

Población accesible: 16 sujetos de la selección masculina de Básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción.

Población elegible: 11 sujetos que cumplieron con los criterios del estudio.

Muestra: 9 sujetos que realizaron las pruebas de evaluación y protocolo de entrenamiento sin dificultades o inconvenientes.

### **4.3 Estrategia de muestreo**

La estrategia de muestreo fue no probabilística por conveniencia.

### **4.4 Criterios de inclusión y exclusión**

#### **4.4.1 Criterios de inclusión**

1. Sujetos de género masculino.
2. Sujetos desde los 18 a 40 años de edad.
3. Sujetos que participen de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción.

#### **4.4.2 Criterios de exclusión**

1. Sujetos con imposibilidad para aplicar alguna prueba de valoración o de intervención por contraindicación absoluta o relativa.
2. Sujetos que estén cursando con alguna lesión traumática actual en período agudo, que afecten sus extremidades inferiores.
3. Sujetos que hayan faltado a 3 o más evaluaciones o intervenciones durante el período del estudio.

#### **4.5 Hipótesis de estudio**

##### **4.5.1 Hipótesis nula**

El entrenamiento con el dispositivo de carga resistida no produce cambios significativos en la fuerza muscular inspiratoria y en la capacidad aeróbica de los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción.

##### **4.5.2 Hipótesis de investigación**

El entrenamiento con el dispositivo de carga resistida produce cambios estadísticamente significativos en la fuerza muscular inspiratoria y en la capacidad aeróbica de los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción.

#### **4.6 Variables del estudio**

##### **4.6.1 Variables dependientes**

###### **a) Presión inspiratoria máxima**

*Definición conceptual:* Es la máxima presión generada por los músculos inspiratorios para realizar una inspiración forzada, con la vía aérea ocluida o semiocluida, a partir de volumen residual.<sup>48</sup>

*Definición operacional:* Se expresa en centímetros de agua (CmH<sub>2</sub>O), se evalúa a través de la técnica de la pimometría a través de un instrumento denominado pimómetro.<sup>39</sup>

#### **b) Capacidad aeróbica**

*Definición conceptual:* Capacidad del organismo para desarrollar actividades físicas sostenidas con poco esfuerzo, poca fatiga y una recuperación rápida, utilizando el O<sub>2</sub> como fuente de energía.<sup>5</sup>

*Definición operacional:* Se evalúa a través del Test Course-Navette, que mide de forma indirecta el VO<sub>2</sub>máx y se expresa en ml/kg/min.<sup>5</sup>

### **4.6.2 Variable independiente**

#### **a) Entrenamiento muscular inspiratorio**

*Definición conceptual:* Preparación o acondicionamiento de la musculatura inspiratoria con el propósito de mejorar su eficiencia, reduciendo sus requerimientos energéticos.<sup>49</sup>

*Definición operacional:* Se realiza mediante el uso del dispositivo de carga resistida POWERbreathe, con un ajuste de carga expresado en CmH<sub>2</sub>O.<sup>44</sup>

## **4.7 Materiales y métodos**

### **4.7.1 Características generales del proceso**

Obtenidos los permisos correspondientes por parte del coordinador de deportes de la Universidad de las Américas, entrenador y preparador físico de la selección masculina de básquetbol, para realizar las evaluaciones e intervenciones a la población de estudio, y firmadas las cartas de consentimiento informado (ver anexos), por parte de cada uno de los jugadores, en donde se explica el objeto de estudio, los procedimientos, mediciones e intervenciones a las cuales serán sometidos.

Se comenzó con las valoraciones del peso, talla, Pimáx, y aplicación del test Course-Navette en los deportistas, las que fueron realizadas en las instalaciones del Polideportivo de la Universidad de las Américas. Mediciones que se llevaron a cabo antes de las prácticas de la selección, y bajo la condición que los deportistas asistieran sin haber realizado actividad física antes de realizar las pruebas.

Para realizar las mediciones de la fuerza muscular inspiratoria máxima en los deportistas, se utilizó un pimómetro digital modelo Micro RPM, instrumento portátil de la marca CareFusion. El que opera en presiones que oscilan entre 0 y 300 CmH<sub>2</sub>O, el cual se utiliza con unas boquillas desechables, y uso de una pinza nasal. Importante instrumento que fue facilitado por la Escuela de Kinesiología, de la Universidad de las Américas sede Concepción, según la técnica descrita por Black y Hyatt.<sup>39</sup> Para las mediciones de peso y talla, se utilizaron una balanza y tallímetro.

Con respecto a la valoración del test Course-Navette, se requirió de un gimnasio con la capacidad de una pista de 20 metros de longitud, una soga con dichas medidas para medir la distancia. Se necesitó también de conos para demarcar el espacio y una cinta previamente grabada del procedimiento, según lo propuesto por Léger y cols.<sup>50</sup>

Los antecedentes personales, las mediciones y resultados de las pruebas obtenidas, fueron registradas en una ficha, las cuales fueron analizadas posteriormente (ver anexos).

Luego de haber realizado todas las mediciones pre-entrenamiento a los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, que hayan cumplido con todos los criterios de inclusión del estudio, se procedió a realizar las intervenciones de entrenamiento de la musculatura inspiratoria con el uso de los dispositivos de carga resistida, según protocolo propuesto en base a la evidencia científica disponible y a estudios de similares características. Los cuales se reflejaron en 60 esfuerzos inspiratorios dinámicos lentos repartidos en 4 series de 15

repeticiones, con un máximo de 2 minutos de descanso entre cada una de las series, una vez al día, 3 días a la semana, por 5 semanas, contra una carga de presión umbral inicial equivalente al 50% de la Pimáx, aumentando periódicamente ésta.<sup>8,10,12,14</sup>

Cumplidas las intervenciones de entrenamiento de la musculatura inspiratoria, se procedió a reevaluar las variables dependientes, según protocolos correspondientes. Las mediciones y resultados de las pruebas post-entrenamientos, fueron registradas en una ficha (ver anexos).

Hechas todas las recopilaciones de datos, se realizó la comparación de ellos, pre y post entrenamiento de la musculatura inspiratoria a través del uso de los dispositivos de carga resistida POWERbreathe.

#### **4.7.2 Instrumentos utilizados**

Balanza, tallímetro, ficha, bolígrafo, calculadora, pimómetro digital de la marca Carefusion, pinza nasal, boquilla, silla con respaldo; espacio, pista o gimnasio con una capacidad de 20 metros de longitud, conos, cinta métrica con una medida de 20 metros, cinta pre-grabada del procedimiento del test Course-Navette, radio y dispositivos de carga resistida POWERbreathe.

#### **4.7.3 Protocolos y métodos de medición**

##### **a) Procedimiento de la pimometría ajustado al estudio:<sup>22</sup>**

1. Paciente sentado (con ambos pies afirmados en el suelo, y espalda erguida).
2. Se ajusta la pinza nasal al paciente.
3. Se conecta una boquilla con filtro de tipo personal al pimómetro.
4. Se le pide al paciente que sostenga el pimómetro de forma vertical con una o ambas manos.
5. Se debe recordar la necesidad de mantener los labios bien adosados a la boquilla, para evitar fugas con los labios.

6. Se le solicita al paciente que realice al menos tres ciclos respiratorios, que exhale de manera suave, pero completamente con el objetivo de llegar a volumen residual, y posterior que inhale lo más fuerte y rápido posible.
7. La duración de la presión inspiratoria máxima debe ser mantenida al menos 1 segundo.
8. Se estimula al paciente para que realice el procedimiento con toda la fuerza que le sea posible.
9. Se consiguen tres intentos reproducibles (menos del 10% de diferencia entre los dos valores mayores realizados por el paciente, de un máximo de 8 intentos y un mínimo de tres).
10. Se permite un descanso de 60 segundos entre un intento y otro.

## Indicaciones y contraindicaciones de la pimometría:<sup>22</sup>

**Tabla 4.1** Indicaciones de la pimometría.<sup>22</sup>

A. Evaluar y cuantificar el grado de debilidad muscular	4- Enfermedades sistémicas
1- Enfermedades neuromusculares	Lupus eritematoso sistémico
Esclerosis lateral amiotrófica	Artritis reumatoide
Miastenia gravis	Dermatomiositis
Polimiositis	Polimiositis
Distrofia muscular de Duchenne	5- Condiciones relacionadas al uso crónico de medicamentos
2- Enfermedades metabólicas	Corticoesteroides
Malnutrición	Aminoglucósidos
Beriberi	Barbitúricos
Miopatía alcohólica	Anestésicos
Anorexia	Cloroquina
Metabólico	Quinidina
Insuficiencia renal crónica	Antidepresivos tricíclicos
Hipocalcemia	6- Deformidades del tórax
Hipocalemia	Tórax helicoidal
Hipomagnesemia	Xifoescoliosis
Hipofosfatemia	Postraumática
Endocrinas	7. Disnea no especificada
Diabetes mellitus	B. Resultados anormales en pruebas diagnósticas Disminución de la CVF, PEF, ventilación voluntaria máxima, hipercapnia.
Hipotiroidismo	C. Evaluación de la efectividad de la tos y la habilidad para eliminar secreciones
Tirotoxicosis	D. Diagnóstico y seguimiento de paciente con sospecha de lesión diafragmática u otros músculos respiratorios
Hiperparatiroidismo	E. Evaluación de la efectividad de estrategias terapéuticas destinadas al aumento de la fuerza muscular respiratoria
Insuficiencia adrenal	
3- Enfermedades pulmonares que cursan con hiperinflación pulmonar	
EPOC	
Fibrosis quística	
Asma	

**Tabla 4.2** Contraindicaciones de la pimometría.<sup>22</sup>

<b>A. Contraindicaciones Absolutas</b>	<b>B. Contraindicaciones relativas</b>
1- Angina inestable	1- Presión arterial diastólica en reposo >110 mmHg o presión arterial sistólica en reposo >200 mmHg
2- Infarto de miocardio reciente (4 semanas siguientes al evento), miocarditis	2- Lesión espinal reciente
3- Hipertensión arterial sistémica no controlada	3- Lesión ocular reciente
4- Neumotórax reciente	4- Paciente poco colaboradores o incapaces de realizar la prueba por debilidad, dolor, fiebre, disnea, falta de coordinación o psicosis.
5- Posoperatorio de biopsia pulmonar (Una semana)	
6- Posoperatorio de cirugía abdominal o genitourinaria	
7- Incontinencia urinaria	

**b) Protocolo de entrenamiento del uso de POWERbreathe ajustado al estudio:**

Para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria contamos con dos tipos de dispositivos de carga resistida POWERbreathe plus; POWERbreathe plus light, POWERbreathe medium plus, el cual ocuparemos según disponibilidad, ajustándola 5 CmH<sub>2</sub>O superior o inferior respecto a su porcentaje de carga correspondiente a cada semana. Según lo recomendado por la marca POWERbreathe en su manual para el entrenamiento, es de 30 respiraciones dos veces por día, en la mañana y en la noche.<sup>44</sup> Se realizó una revisión sistemática, en la cual seleccionaron 21 estudios donde se entrenó la musculatura respiratoria con distintos dispositivos, entre uno de ellos era éste tipo de dispositivo, lo utilizaban 4-6 semanas, 30 inspiraciones 2 veces al día.<sup>14</sup>

Inbar et al. (2000),<sup>51</sup> en su estudio utilizaron el mismo instrumento con un protocolo de 10 semanas, al 30% de su Pimáx, aumentando cada semana un 5%, hasta llegar a una carga de 80% de su Pimáx.

Otro estudio similar propuesto por Segizbaeva et al. (2014),<sup>43</sup> donde utilizaron el mismo instrumento de entrenamiento muscular inspiratorio en sujetos sanos, durante un ejercicio intenso en cicloergómetro, plantearon un protocolo de 3 semanas; (1) al 60% de la Pimáx, (2) al 70% de la Pimáx y (3) al 80% de la Pimáx, pre y post prácticas deportivas, obteniéndose resultados positivos en la Pimáx, y en las pruebas de electromiografía para los músculos: Diafragma, esternocleidomastoideo, paraesternal, y escalenos.

Según los estudios expuestos anteriormente, el protocolo modificado propuesto para nuestra investigación fue de 3 veces a la semana, 4 series de 15 repeticiones, con un máximo de 2 minutos de descanso entre una serie y otra. Comenzando con una carga de trabajo correspondiente al 50% de su Pimáx, para incrementarla un 10% hasta la semana número 3, y terminar con las dos últimas semanas aumentando un 5% más la carga, hasta llegar al 80% de su Pimáx basal.

**En resumen el procedimiento consistió en:**<sup>52</sup>

1. Posicionar al sujeto en sedente, con espalda recta y vista al frente.
2. Mientras tiene el dispositivo en posición vertical, ajustar el nivel de entrenamiento según corresponda: Gire la perilla de ajuste de carga (tabla 4.3) en sentido a las manecillas del reloj para aumentar el nivel de entrenamiento, gire la perilla de ajuste de carga en sentido contrario a las manecillas del reloj para disminuir el nivel de entrenamiento. Al lado lateral del dispositivo hay una regla numérica la cual guiará la carga según el nivel.
3. Indique al jugador como inhalar a través de POWERbreathe. Pida que exhale tanto como pueda y luego inhale rápida y fuertemente a través de su boca. Tome tanto aire como pueda y tan rápido como pueda mientras endereza su espalda y extiende su pecho.
4. Coloque la pinza nasal para que junte sus orificios nasales. Repita las respiraciones como se mencionó en los pasos anteriores (4 series de 15 respiraciones con 2 minutos como máxima de descanso).

**Tabla 4.3** Alcance de carga de los tipos de dispositivos POWERbrethe:<sup>44</sup>

Modelo	Carga (-cmH <sub>2</sub> O) a 1l.seg <sup>-1</sup>										
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	Nivel 10
Bienestar	17	25	33	41	49	58	66	74	82	90	98
Estado físico	23	39	55	72	88	104	121	137	153	170	186
Rendimiento Deportivo	29	53	78	102	127	151	176	200	225	249	274

### c) Protocolo test Course-Navette:

El test comienza a una velocidad de 8,5 km/h y cada 1 minuto, de forma paulatina se va incrementando la velocidad 0,5 km/h, la cual es transmitida por una señal sonora cada 20 metros.<sup>53</sup> Al comenzar la prueba, los sujetos deben trasladarse de una línea a otra situada a 20 metros de distancia, antes de que suene la señal, dar la vuelta y a la siguiente señal ir al punto de inicio de la prueba, y así repetidamente hasta llegar a su máxima resistencia, o completar 15 minutos de la prueba.<sup>54</sup> El sujeto será retirado del test, cuando se detenga porque llegó a su máxima fatiga o si durante dos veces consecutivas no alcanza a llegar a la línea demarcada cuando se escuche el sonido.<sup>5</sup>

### Materiales

Para la realización de la prueba se deberá contar con:<sup>40</sup>

- Un espacio con 22 metros de largo como mínimo.
- Conos para demarcar los 20 metros.
- Cinta pregrabada con la realización del test.
- Un dispositivo de audio para reproducir la cinta pregrabada.

## Ventajas

Este test tiene la ventaja de ser de tipo progresivo, se puede aplicar a un grupo de personas a la vez, es aplicable en la mayoría de los gimnasios y en cualquier época del año, requiere menos tiempo de realización, es de fácil aplicación y es independiente de la frecuencia cardíaca.<sup>50,55</sup> Para el cálculo del  $VO_2$ máx existen 2 fórmulas propuestas por Léger et al. en el año 1988, las cuales dependen de la edad de los sujetos. Para los individuos menores de 18 años se utiliza esta fórmula:<sup>5</sup>

$$VO_2máx = 31,025 + (3,238 \times VFA) - (3,248 \times E) + (0,1536 \times VFA \times E)$$

VFA: velocidad en  $km\ h^{-1}$ ; E: edad

Y para los sujetos de 18 años o más, se utiliza la siguiente fórmula:<sup>5</sup>

$$VO_2máx = (6 \times FA) - 27,4$$

La anteriormente mencionada fue utilizada para calcular el  $VO_2$ máx en forma indirecta en los basquetbolistas, extrapolando los metros recorridos en la prueba Course-Navette a la tabla propuesta por Léger et al. para obtener así la velocidad y llevarla a la fórmula establecida para mayores de 18 años.

**Tabla 4.4** Protocolo de course-navette, para valorar la velocidad según los metros recorridos.<sup>5</sup>

Etapa	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	620							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	1300	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	2240	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Metodología del análisis de datos**

El análisis descriptivo se presenta mediante tablas de frecuencias para las variables cualitativas (expresando las variables con el número de casos y sus porcentajes correspondientes) y tablas descriptivas para las variables cuantitativas (expresando las variables en mínimo, máximo, media y desviación estándar).

Previo al análisis inferencial, se evaluó el supuesto si es que la diferencia entre los pares de muestra poseía una distribución normal mediante la prueba de Shapiro Wilk. Por lo tanto, cuando los supuestos se cumplieron, el análisis inferencial se realizó mediante la prueba de t de Student para muestras dependientes con un nivel de significancia estadística igual a 0,05. Esta prueba compara dos muestras, es útil cuando la variable dependiente es cuantitativa, mientras que la independiente es cualitativa y cuando las mediciones son realizadas en la misma unidad experimental (el usuario) (Sokal & Rohlf, 1995). Adicionalmente a esto, se calculó el crecimiento (aumento o disminución) de las variables posteriores a la intervención, las cuales se presentan en porcentajes.

Por último, se evaluó el tamaño del efecto mediante la D de Cohen (Nakagawa & Cuthill, 2007), el cual corresponde a la diferencia más pequeña que el investigador está dispuesto a aceptar como clínicamente relevante (Prajapati, Dunne, & Armstrong, 2010) e indica cuánto de la variable dependiente se puede explicar, predecir o controlar por la variable independiente, informando el grado de la significación estadística (Snyder & Lawson, 1993).

Los análisis fueron realizados mediante el software Stata 20.0 y los porcentajes de crecimiento fueron calculados mediante la función crecimiento de Office Microsoft Excel.

## 5.2 Análisis e interpretación de los datos

La muestra del estudio estuvo compuesta por 9 sujetos de género masculino. Sus edades estaban comprendidas entre los 19 y 36 años de edad, con una media de  $25,78 \pm 5,51$  y una moda de 28 años. En la Tabla 5.1 se presentan algunas características de la muestra.

**Tabla 5.1** Caracterización de la muestra.

<u>Variable</u>	<u>Media <math>\pm</math> Desviación estándar</u>
Edad (años)	25,78 $\pm$ 5,51
Peso (kg)	84,56 $\pm$ 17,11
Talla (m)	1,79 $\pm$ 0,09
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	26,00 $\pm$ 3,04

En la Tabla 5.2, se muestra la media de los valores obtenidos en cada prueba previo y posterior al entrenamiento muscular inspiratorio. Se observa que la media de los puntajes aumentó en todos los casos.

**Tabla 5.2** Valores de las pruebas previo y posterior a la intervención.

<u>Variable</u>	<u>Media <math>\pm</math> Desviación estándar</u>
Pimáx previo (cmH <sub>2</sub> O)	100,22 $\pm$ 18,95
Pimáx posterior (cmH <sub>2</sub> O)	147,22 $\pm$ 35,96
Capacidad aeróbica previo (m)	1660,00 $\pm$ 449,66
Capacidad aeróbica posterior (m)	2377,78 $\pm$ 664,03
VO <sub>2</sub> máx previo (ml/kg/min)	50,00 $\pm$ 6,53
VO <sub>2</sub> máx posterior (ml/kg/min)	58,67 $\pm$ 7,81

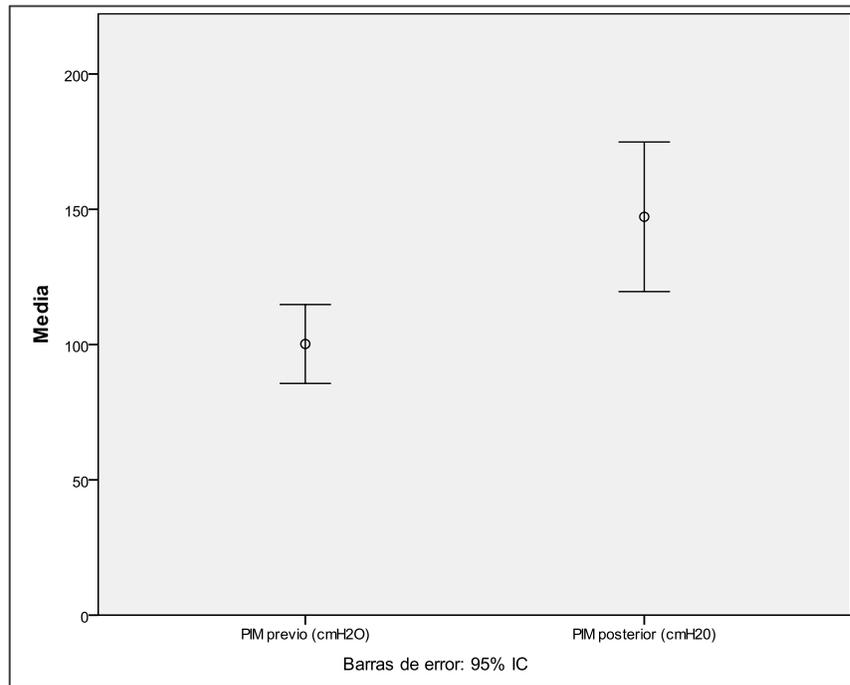
Luego de la intervención se halló un aumento de todas las variables y al aplicar la prueba de t Student para muestras dependientes, este aumento fue estadísticamente significativo para la Pimáx ( $p=0,002$ ), la capacidad aeróbica ( $p=0,001$ ) y el VO<sub>2</sub>máx ( $p=0,000$ ), todas se complementan con un alto tamaño del efecto (D de cohen= 0,758; 0,693 y 1,038, respectivamente) (Tabla 5.3 y Figuras 5.1-5.3).

Al evaluar los porcentajes de crecimiento, se encontró que la variable con mayor aumento fue la Pimáx con un 46,9%, seguida de la capacidad aeróbica con un 43,2% y el VO<sub>2</sub>máx con un 17,3% (Tabla 5.3).

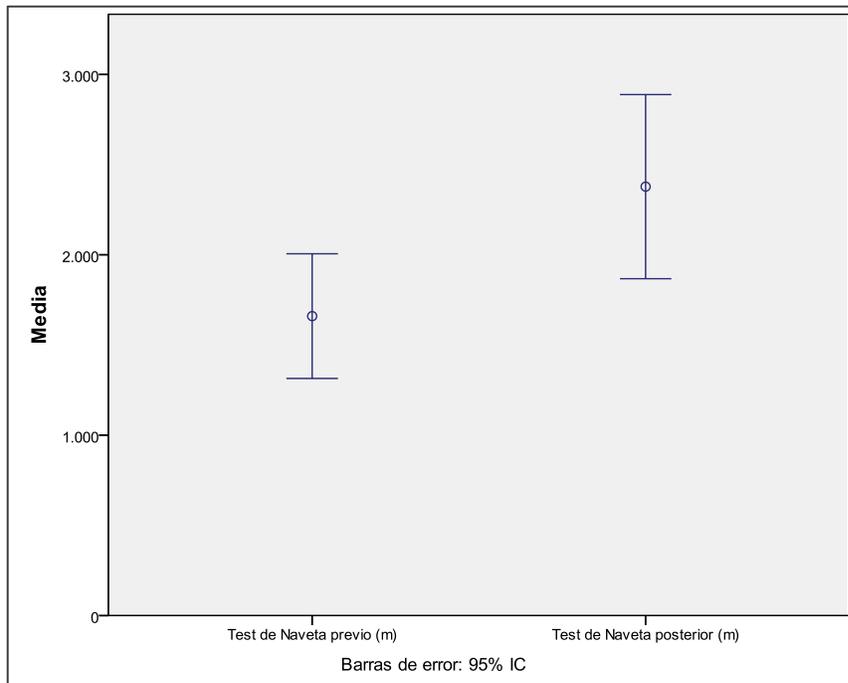
**Tabla 5.3** Porcentajes de crecimiento para cada ítem del instrumento.

Variable	Mínimo	Máximo	Media ± Desviación estándar	Valor p	D Cohen
Pimáx previo (cmH2O)	63,00	124,00	100,22 ± 18,95	0,002*	0,758
Pimáx posterior (cmH2O)	89,00	209,00	147,22 ± 35,96		
Capacidad aeróbica previo (m)	880,00	2320,00	1660,00 ± 449,66	0,001*	0,693
Capacidad aeróbica posterior (m)	1280,00	3020,00	2377,78 ± 664,03		
VO <sub>2</sub> máx previo (ml/kg/min)	39,00	60,00	50,00 ± 6,53	0,000*	1,038
VO <sub>2</sub> máx posterior (ml/kg/min)	45,00	66,00	58,67 ± 7,81		

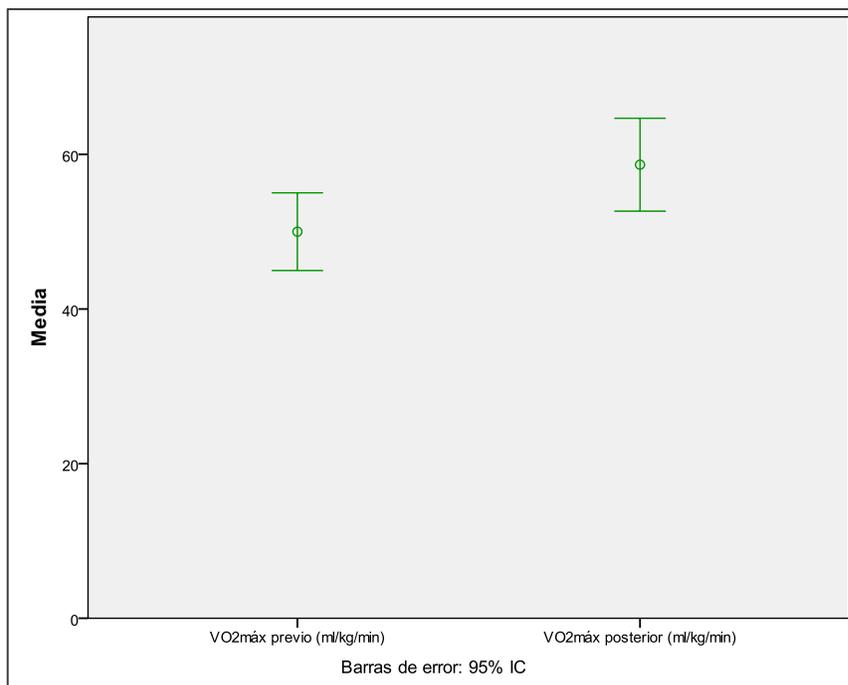
\*Ítem con valor  $p < 0,05$ .



**Figura 5.1** Pimáx previo y posterior al entrenamiento muscular inspiratorio (expresado en la media del puntaje obtenido en la escala), en un único grupo experimental.



**Figura 5.2** Capacidad aeróbica previo y posterior al entrenamiento muscular inspiratorio (expresado en la media del puntaje obtenido en la escala), en un único grupo experimental.



**Figura 5.3** VO<sub>2</sub>máx previo y posterior al entrenamiento muscular inspiratorio (expresado en la media del puntaje obtenido en la escala), en un único grupo experimental.

## 6. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta investigación es que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria a través del dispositivo de carga resistida, paralelo al entrenamiento tradicional de los jugadores de básquetbol refleja un aumento considerable de la Pimáx (valorada al término de 5 semanas de entrenamiento), además de cambios significativos para la variable de capacidad aeróbica de esta disciplina, valorada con el test Course-Navette. Hallazgos que son afines con las de otras investigaciones, en las que se reflejan mejoras principalmente de la variable de la Pimáx. Se puede corroborar la efectividad del entrenamiento muscular, mediante un dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria, finalidad con la que fue creado el instrumento.<sup>17,46,60,61,62,63</sup>

Los resultados obtenidos en el presente estudio apuntan positivamente a la incorporación del entrenamiento muscular inspiratorio en la disciplina del básquetbol. Protocolo modificado en base a la evidencia científica disponible en otras áreas deportivas, por la limitada disponibilidad de estudios en básquetbol.

El entrenamiento que se resume en 5 semanas, con una frecuencia de 3 veces por semana, y 60 esfuerzos inspiratorios, ha evidenciado ser un estímulo suficiente para generar cambios significativos tanto para la Pimáx como para la capacidad aeróbica de los sujetos. Por lo que estos resultados se condicen con los hallazgos de Nepomuceno et al. (2016),<sup>3</sup> donde analizaron los efectos del dispositivo de carga POWERbreathe en atletas, realizando una revisión de estudios publicados desde el año 2000 al 2015, concluyendo que el entrenamiento respiratorio es útil en la formación de atletas en deportes específicos, ya que demuestran un aumento en la Pimáx. Aún así, hacen un llamado a que se generen nuevos estudios con poblaciones mayores y a incluir nuevas disciplinas en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

El estudio de la mejora de otras aptitudes físicas específicas de un deporte, aún es limitado, pero uno de los pioneros en este sentido, se encuentra Guy et al. (2014),<sup>60</sup> estudio dirigido a futbolistas no profesionales, quienes reclutaron a una muestra de 12 sujetos, utilizando un protocolo de entrenamiento de 6 semanas (30 repeticiones con una carga constante del 55% de la Pimáx, dos veces al día, dos sesiones a la semana). Se registraron resultados significativos tanto para la Pimáx como para el test de campo aplicado a los deportistas en los metros recorridos. A diferencia de este estudio, ellos no realizaron un ajuste semanal de carga, manteniendo una carga fija durante toda la investigación.

También se encuentra Forbes et al. (2011),<sup>47</sup> quienes presentaron una propuesta de entrenamiento muscular respiratorio para la disciplina deportiva de remo, con una duración de 10 semanas distribuido en 3 por semanas, paralelo al entrenamiento cotidiano de los deportistas. En este programa participaron 21 sujetos, distribuidos al azar en dos grupos: (1) Grupo experimental (n=12), y (2) Grupo control (n=9). Los sujetos del grupo experimental utilizaron el dispositivo de carga resistida una vez al día durante las primeras 4 semanas, aumentando progresivamente la carga, y durante las semanas restantes dos veces al día, mientras que el grupo control realizó el entrenamiento muscular inspiratorio a una carga constante del 15% de su Pimáx. Los hallazgos encontrados en este estudio concluyeron que al agregar un entrenamiento muscular inspiratorio en pretemporada de remo, puede ocasionar beneficios mejorando la Pimáx,  $VO_2$ máx e incluso, el tiempo de rendimiento.

Otro estudio es el de Wilson et al. (2013),<sup>62</sup> en donde utilizaron 4 protocolos diferentes de entrenamiento muscular inspiratorio combinado con calentamiento de natación estándar, mediante POWERbreathe en nadadores de elite: (1) calentamiento de natación estándar, (2) entrenamiento muscular inspiratorio al 40% de la Pimáx, (3) calentamiento de natación estándar junto con entrenamiento muscular inspiratorio al 15% de la Pimáx y (4) calentamiento de natación estándar junto con entrenamiento

muscular inspiratorio al 40% de la Pimáx. Ellos concluyeron que el entrenamiento muscular inspiratorio, mejora no sólo la Pimáx, sino también el rendimiento deportivo en la disciplina de natación.

Así como en éstos estudios, los resultados obtenidos en la presente investigación apuntan a realizar nuevos estudios, para que se puedan generar nuevas propuestas de protocolos estandarizados, con una duración, frecuencia, gesto deportivo específico para cada deporte y carga adecuada del dispositivo de resistencia, ya que actualmente no se cuentan con estudios que describan un entrenamiento uniforme para los jugadores de básquetbol, no así para otras disciplinas deportivas. Se sugiere además proponer un calendario de ajuste de cargas semanales, con medición periódica de la variable Pimáx, para que de esta forma se modifique la carga del dispositivo a cada sujeto, según cada valoración.<sup>14,17</sup>

Una de las grandes limitaciones del estudio, y que se debe mencionar, es el inconveniente técnico del instrumento de medición de la Pimáx. En primera instancia la valoración de la Pimáx se planificó de forma semanal, de tal forma que se pudiera ajustar la carga del dispositivo de carga resistida en base a la medición semanal de cada sujeto, con el objetivo de observar durante que semana se producía la inflexión de aumento de la Pimáx. Sin duda el protocolo propuesto en base a los estudios disponibles en otros deportes, fue de gran importancia para esta investigación, por la escasa o nula existencia de estudios en la disciplina del básquetbol. Se debe señalar que este estudio es una base para nuevas investigaciones, respetando el protocolo utilizado o ajustando la carga, frecuencia, postura adecuada y duración del estudio, con el fin de seguir indagando los efectos del entrenamiento muscular inspiratorio.

Otro factor a considerar, es el método de valoración de rendimiento deportivo, el cual debe tener buenas características psicométricas. Lamentablemente, estudios anteriores han utilizado una gran variedad de estos y limitó la comparación con el protocolo escogido en este estudio.

Es importante señalar, que para efectos de la presente investigación y en las anteriormente mencionadas, se han utilizado pruebas de terreno, debido que buscan la semejanza con la realidad del desarrollo del deporte estudiado, algo que las pruebas de laboratorio no pueden lograr.

Otra de las limitaciones que se evidenció posterior a la investigación, fue el no haber podido contar con un grupo control y poder tener un punto mayor de comparación, por lo que se recomienda que futuros estudios puedan tomarlo en consideración. Una proyección mayor sería el indagar la duración de los efectos del entrenamiento muscular inspiratorio en las diferentes disciplinas deportivas, lo que puede generar un protocolo mucho más detallado en cuanto a la frecuencia de aplicación y descansos del mismo.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser muy útiles, y brinda nuevas experiencias a la literatura actual, corroborando los beneficios del dispositivo de carga resistida, al evidenciarse resultados estadísticamente significativos en la Pimáx, y capacidad aeróbica de los deportistas. En las prácticas nacionales, este tipo de estudios son escasos, y sólo se cuentan a nivel nacional con estudios realizados a pacientes con EPOC y con enfermedades neuromusculares, por lo que este tipo de investigaciones abre nuevos campos de búsqueda en el ámbito deportivo. Favorece no tan sólo a la población intervenida, sino que también promueve el trabajo clínico e investigativo en el área kinesiológica, la cual está muy poco explotada, proyectando al kinesiólogo no tan sólo como un sujeto promotor de la prevención y rehabilitador en lesiones músculo-esqueléticas, sino que también como un entrenador respiratorio.

## 7. CONCLUSIÓN

Este estudio analizó los efectos del dispositivo de carga resistida en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria y la capacidad aeróbica, en los jugadores de básquetbol de la Universidad de las Américas sede Concepción, investigando si la adherencia a un entrenamiento muscular inspiratorio en paralelo al entrenamiento habitual de básquetbol, aumenta la capacidad aeróbica, a través del test Course-Navette que mide de forma indirecta el  $\text{VO}_2\text{máx}$  en los sujetos, expresado en ml/kg/min, además de generar un aumento en la fuerza de la musculatura inspiratoria, finalidad con que fue creado el instrumento utilizado.

Por otro lado se ha demostrado a través de variadas investigaciones, que el sistema respiratorio actúa como una limitante del rendimiento físico, ya que la musculatura respiratoria puede llegar a utilizar un 16% del gasto cardíaco en ejercicios intensos, disminuyendo la distribución de  $\text{O}_2$  a la musculatura periférica durante el ejercicio físico.<sup>17</sup> Por ende el uso de este dispositivo para entrenamiento de la musculatura inspiratoria, provee de gran ayuda al desempeño competitivo de los deportistas, y optimiza la tolerancia al ejercicio.<sup>3,64,65</sup>

En base a lo estudiado, se pueden generar beneficios para los jugadores de básquetbol al realizar un entrenamiento muscular inspiratorio, a través del dispositivo de carga resistida POWERbreathe, pero no es comparable con otros estudios en la misma disciplina por la carencia de estudios disponibles, pero si es comparable con estudios en otras disciplinas deportivas, en ambas variables.

Según todos los datos expuestos y estudios realizados, se acepta la hipótesis de investigación, que expone: “El entrenamiento con el dispositivo de carga resistida produce cambios significativos en la fuerza de la musculatura inspiratoria, y la capacidad aeróbica, en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas sede Concepción”.

A pesar de todos los antecedentes entregados en cuanto a los beneficios del dispositivo de carga resistida POWERbreathe en el entrenamiento muscular inspiratorio en las diferentes disciplinas deportivas,<sup>14,17</sup> se debe señalar que la falta de un protocolo estandarizado para un entrenamiento muscular inspiratorio en el básquetbol es inexistente, sólo se cuenta con variados estudios en otras disciplinas deportivas que nos dan pie a la investigación, y que sugiere realizar nuevos estudios en la disciplina expuesta, para así desarrollar un protocolo normalizado, para optimizar el rendimiento en los deportistas, y generar el entrenamiento muscular inspiratorio como un coadyuvante a la hora de la competición.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, Gobierno de Chile. CULTURA Y TIEMPO LIBRE, Informe Anual 2014. Santiago, Chile. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes [citado 03 dic. 2016]
2. Popovic S, Akpinar S, Jaksic D, Matic R, Bjelica D. Comparative study of anthropometric measurement and body composition between elite soccer and basketball players. *Int J Morphol*. 2013; 31(2); 461-467.
3. Nepomuceno Jr BRV, Gómez TB, Gomes Neto M. Use de Powerbreathe in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioter. Mov.* 2016;29(4).
4. Baar K, Baker LB, Halson SL, Osterberg K, Ransone J, Spriet LL et al. Nutrición y Recuperación del Jugador de Básquetbol. Sports Science Institute. 2013.
5. G. C. García, J. D. Secchi. Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original hace 30 años. *Apunts Med Esport*. 2014;49(183):93-103.
6. Orozco-Levi M, Marco-Navarro E, Ramírez-Sarmiento AL. Entrenamiento de los músculos respiratorios ¿sí o no?. *Revista de Rehabilitación*. 2010; 44(2).
7. Griffiths LA, McConnell AK. La influencia del entrenamiento muscular inspiratorio y espiratorio a los resultados de remo. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 99 (5): 457-66.
8. Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones DA. Entrenamiento de los músculos inspiratorios mejora el rendimiento en remo. *Med Sci Sports Ejerc*. 2001; 33 (5): 803-9.
9. Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Efectos del entrenamiento muscular inspiratorio sobre el rendimiento en pruebas en ciclistas entrenados. *J Sports Sci*. 2002; 20 (7): 547-62.
10. Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Fatiga muscular inspiratoria en ciclistas entrenados: efectos del entrenamiento muscular inspiratorio. *Med Sci Sports Ejerc*. 2002; 34 (5): 785-92.

11. Johnson MA, Sharpe GR, Brown PI. Entrenamiento de los músculos inspiratorios mejora ciclismo rendimiento y la capacidad de trabajo anaeróbico, pero no poder crítico de contrarreloj. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 101 (6): 761-70.
12. Kilding EA, Brown S, McConnell. Entrenamiento de los músculos inspiratorios mejora el rendimiento de natación 100 y 200 m. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108 (3): 505-11.
13. Pereira R, Abreu M, Goncalves C, et al. Respiratory muscle strenght and aerobic performance of wheelchair basketball players. *Motriz: rev. educ. fis.* 2016; 22(3)
14. Hajghanbari B, Yamabayashi C, Buna TR, et al. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-analyses. *Journal of Strength and conditioning research.* 2013; 27(6):1643-1663.
15. López Chicharro J, Mulas L. Entrenamiento de la resistencia aeróbica. En: López Chicharro J, Fernández Vaquero A, editores. *Fisiología del ejercicio.* 3ª edición. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 471-485.
16. López Chicharro J, Mulas L. El sistema pulmonar como limitante del rendimiento en ejercicios de resistencia. En: López Chicharro J., Fernández Vaquero A., editores. *Fisiología del ejercicio.* 3ª edición. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 386-394.
17. González-Montesinos J, Vaz-Pardal C, Fernández-Santos J. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. *Revista de Andaluza de Medicina del Deporte.* 2012 Diciembre; 5(4).
18. Pleguezuelos Cobo E. et al. Rehabilitación integral en el paciente con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica [Internet]. 1ªed. Buenos Aires; Madrid: Medica Panamericana; 2008 [citado 02 sept 2015].
19. López Chicharro J. y Lucía Mulas A. La ventilación pulmonar durante el ejercicio. En: López Chicharro J., Fernández Vaquero A., editores. *Fisiología del ejercicio.* 3ª edición. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 357-369.
20. Bonafonte L. Fisiología del baloncesto. *Archivos de medicina del deporte* [Internet]. 1988. [Citado el 30 de Oct. De 2015]; 15(68): 479-483.

21. Tortora G. y Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 11<sup>a</sup> edición. Buenos aires. Madrid: Médica Panamericana; 2006.
22. Mora-Romero U, Gochicoa-Rangel L, Guerrero-Zúñiga S, et al. Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax*. 2014; 73(4).
23. Moore K, Dalley A, Agur A. Anatomía con orientación clínica. 6<sup>o</sup> edición. España: Lippincott Williams &Wilkins; 2010.
24. Pérez L. Evaluación por imágenes del diafragma en el niño. *Rev Chil Enf Respir* 2012; 28: 236-248.
25. Haro M, Rubio M, Vilaplana M. Enfermedades del diafragma. *Med Integral* 2002; 39(2):72-84.
26. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía Humana. 4<sup>o</sup> edición. Buenos Aires, Argentina: Médica panamericana; 2010.
27. Cruz Mena E, Moreno Boltón R. Aparato Respiratorio: Fisiología y Clínica. 5<sup>o</sup> edición. Madrid: 2007.
28. Guyton A, Hall J. Tratado de Fisiología médica. 12a. Barcelona, España: El sevier; 2011.
29. West J. Fisiología respiratoria. 7<sup>o</sup> edición. Buenos aires: Médica panamericana; 2005.
30. Ceraso D. Terapia intensiva [Internet]. 2da Ed. Buenos Aires: Médica panamericana; 2007. [Citado el 29 de Oct. de 2015].
31. Briceño C, Reyes T, Sáez, Saldías F. Evaluación de los músculos respiratorios en la parálisis diafragmática bilateral. *Rev Chil Enf Respir* [Internet]. 2014. [Citado el 28 de Oct. de 2015]; 30: 166-171.
32. Vargas C, Gochicoa L, Velázquez M, Mejía R, et al. Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién?. *Neumol Cir Torax* [Internet]. 2011, Jun. [Citado el 30 de Oct. de 2015];70(2):101-117.
33. Puente L, García de Pedro J. Las pruebas funcionales respiratorias en las decisiones clínicas. *Arch Bronconeumol* [Internet]. 2012. [Citado el 29 de Oct. de 2015];48(5): 161-169.

34. Rodríguez J, Mantilla A, Mantilla D, et al. Presiones inspiratorias y espiratorias máximas. Valores normales en individuos adultos aparentemente sanos. Valencia 2001- 2002. *Salus online* [Internet]. 2004. [Citado el 29 de Oct. de 2015];8(3).
35. Maquilón C, Castillo S, Montiel G, et al. IV. Ventilación no invasiva en pacientes con enfermedades neuromusculares. *Rev Chil Enf Respir* [Internet]. 2008. [Citado el 30 de Oct. de 2015]; 24: 192-198.
36. Pinheiro de C. G, Saldías F. VI. Entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Chil Enf Respir* [Internet]. 2011. [Citado el 28 de Oct. de 2015]; 27: 116-123.
37. Güell M, Díaz S, Rodríguez G, et al. Rehabilitación respiratoria. *Arch Bronconeumol*. [Internet]. 2014. [Citado el 28 de Oct. de 2015];50(8): 332-344.
38. Net A, Mancebo J, Benito S. Retirada de la ventilación mecánica. [Internet]. Barcelona; Springer-Verlag Ibérica; 2000. [Citado el 30 de Oct. de 2015]
39. Black LF & Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex. *American review of respiratory disease*. 1969; 99:696-702.
40. Cardona Toro JG, Jaramillo Correa LF, Parra Londoño LA. Modelo de regresión del VO<sub>2</sub> máximo: una propuesta para el futbolista colombiano. *Revista Médica de Risaralda*. 2007;13.
41. Fernández Vaquero A. Consumo de oxígeno: concepto, bases fisiológicas y aplicaciones. En: López Chicharro J., Fernández Vaquero A., editores. *Fisiología del ejercicio*. 3<sup>o</sup> edición. Buenos Aires; Madrid: Medica Panamericana; 2006. p 405-415.
42. Downey AE, Chenoweth LM, Townsend DK, et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hipoxia. *Respir Physical Neurobiol*. 2007; 156(2):137-147.
43. Segizbaeba MO, Timofeev NN, Donina, et al. Effects of Inspiratory Muscle Training on resistance to fatigue of respiratory muscles during exhaustive exercise. *Adv Exp Med Biol*. 2015; 840: 35-43.
44. POWERBREATHEPLUS, Manual de Usuario [Internet]: POWERBREATHEPLUS [citado el 01 de Nov. De 2015].

45. Powerbreathe.es [Internet]. España : powerbreathe; 2004 [actualizado 11 Jul 2012; citado 2 Nov 2015].
46. Romer LM, Polkey MI. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J Appl Physiol* (1985). 2008; 104(3).
47. Forbes S, Game A, Syrotuik D, et al. The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Res Sports Med*. 2011; 19(4):217-230.
48. Chlif M, Keochkerian A, Temfemo A, et al. inspiratory muscle performance in endurance- trained elderly males during incremental exercise. *Respire physiol neurobiol*. 2016;228:61-68.
49. Hellyer NJ, Folsom IA, Gaz DV, et al. Respiratory muscle activity during simultaneous stationary cycling and inspiratory muscle training. *J Strength Cond Res*. 2015; 29(12):3517-3522.
50. Leger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Capacité aérobie des Québécois de 6 á 17 ans – Test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute. *Can J Appl Sport Sci*. 1984 Jun;9(2):64-9.
51. Inbar O, Weiner P, Azgad Y, et al. Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Med Sci sports Exerc*. 2000; 32(7):1233-1237.
52. Biolaster.com[Internet]. España :biolaster; 2004 [actualizado 27 May 2013; citado 2 Nov 2015].
53. Garcia GC, Secchi JD. Relación de las velocidades finales alcanzadas entre el Course Navette de 20 metros y el test de VAM-EVAL. Una propuesta para predecir la velocidad aeróbica máxima. *Apunts Med Esport*. 2013;48(177):27-34.
54. Montoro J. Revisión de artículos sobre la validez de la prueba de Course Navette para determinar de manera indirecta el VO2 max. *Rev int med cienc act fis deporte*. 2003;3(11):173-181.
55. Gadoury C, Léger L. Validite de lepreuve de course navette de 20 m avec paliers de 1 minute et du Physistest canadien pour predire le vo2 max des adultes. 1985.
56. Sokal RR, Rohlf RF. 2012. *Biometría: los principios y la práctica de la estadística en la investigación biológica*. 4ª edición. Wh Freeman and Co.; Nueva York. 1995.

57. Villarroel LA. Métodos Bioestadísticos. Textos universitarios de Facultad de Medicina Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 2013.
58. Prajapati B, Dunne M, Armstrong R.. Sample size estimation and statistical power analyses. *Optometry Today*, 2010; 16(7).
59. Snyder P, Lawson S. Evaluating results using corrected and uncorrected effect size estimates. *The Journal of Experimental Education*. 1993;61(4), 334-349.
60. Guy J, Edwards A, Deakin G. Inspiratory Muscle Training Improves Exercise Tolerance in Recreational Soccer Players Without Concomitant Gain in Soccer-Specific Fitness. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014; 28(2).
61. Kellens I, Cannizzaro, Gouilly y Crielaard. Entraînement de la force des muscles inspiratoires chez le sujet sportif amateur. *Revue des Maladies Respiratoires* (2011); 28: 602-608.
62. Emma E Wilson, Tricia M McKeever, Claire Lobb, Tom Sherriff, Luke Gupta, Glenn Hearson et al. Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. *Br J Sports Med*. 2013; 0: 1-4.
63. Mitch Lomax, Ian Grant, y Jo Corbett. Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: Separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *Journal of Sports Sciences* [Internet]. Mar 2011. [Citado el 16 de Dic. de 2015]; 29(6): 563–569.
64. McConnell Ak. CrossTalk opposing view: Respiratory muscle training does improve exercise tolerance. *J Physiol* (2012); 3397–3398.
65. Sabine K Illi, Ulrike Held, Irène Frank y Christina M Spengler. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* [Internet]. 2012. [Citado el 15 de Dic. de 2015]; 42(8):707-724.
66. Abdelkrim NB, EF Saloua, and EA Jalila (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br. J. Sport. Med*. 41:69-75.

67. Montgomery PG, DB Pyne, and CL Minahan (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *Int. J. Sports Physio. Perf.* 5:75-86.

## 9. ANEXOS

### CONSENTIMIENTO INFORMADO



#### PARTE 1:

##### 1.1. Identificación de los investigadores:

Investigador 1: Ana Belén Salamanca Beltrán.

Investigador 2: Minoska Natalia Contreras Contreras.

Investigador 3: Carolina Andrea Fernández Luengo.

##### 1.2. Introducción:

Este consentimiento informado se dirige a los seleccionados de básquetbol de la Universidad de las Américas y se les invita a participar de la investigación; “Efectos del dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015”.

##### 1.3. Tipo de intervención y propósito:

El estudio constará en una primera instancia con la medición del peso y talla a través de una balanza y tallímetro respectivamente; evaluación de la fuerza de la musculatura inspiratoria a través de un pimómetro digital, y valoración de la capacidad aeróbica a través del test Course-Navette. Luego de dichas mediciones se entrenará la musculatura inspiratoria por medio de dispositivos de carga resistida POWERbreathe durante 5 semanas, para luego reevaluar las variables antes mencionadas, con el objetivo de ver los efectos que tuvo el entrenamiento en los deportistas.

#### **1.4. Selección de los participantes:**

Se eligió a esta población, ya que encontramos de gran interés investigar y dar conocer los efectos del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en deportistas de la disciplina del básquetbol, y ver su posterior efecto tanto positivo o negativo, en la fuerza de los músculos inspiratorios y en su capacidad aeróbica, puesto que existen pocos estudios que evidencien hoy en día el entrenamiento en dicha disciplina.

#### **1.5. Participación Voluntaria:**

Su participación en ésta investigación es totalmente voluntaria. Usted puede elegir participar o no hacerlo. Puede cambiar de parecer más tarde y dejar de participar aún cuando haya aceptado antes.

#### **1.6. Procedimientos y Protocolo:**

##### **1.6.1 Protocolo Pimometría:**

##### **1.6.2 Recomendaciones:**

- 1.- Evitar comidas pesadas 2 horas antes.
- 2.- No fumar 24 horas antes.
- 3.- No tomar bebidas estimulantes 6 horas antes.
- 4.- No realizar ejercicio intenso 30 minutos antes.
- 5.- No es necesario prescindir del tratamiento con oxígeno antes de la prueba.
- 6.- No usar broncodilatadores 24 horas antes.

##### **1.6.3 Procedimiento:**

- 1.- Posición sedente (sentado).
- 2.- Uso de pinza nasal
- 3.- Labios del paciente firmemente adosados a la pieza bucal.
- 4.- 2-3 ciclos respiratorios.
- 5.- El paciente va a realizar una inspiración máxima, rápida y profunda, que sea mantenida al menos un segundo.
- 6.- Posición sedente (sentado).

**1.7. Duración:**

La investigación durará aproximadamente dos meses. Durante ese tiempo, será necesario que asista a las mediciones e intervenciones. Nos gustaría poder reunirnos los días lunes, miércoles y viernes, 30-45 minutos antes de las prácticas deportivas. En total, se les pedirá que asistan 3 veces a la semana a las intervenciones en 2 meses. Al finalizar los dos meses, se finalizará la investigación.

**1.8. Beneficios e Incentivos:**

Puede que no haya beneficio para usted, pero es probable que su participación nos ayude a encontrar una respuesta a la pregunta de investigación. Puede que no haya beneficio para la sociedad en el presente estado de la investigación, pero es probable que generaciones futuras se beneficien.

**1.9. Compartiendo resultados:**

El conocimiento que obtengamos por realizar esta investigación se compartirá con usted antes de que se haga disponible al público. Durante la investigación no se compartirá información confidencial. Luego de terminado el estudio, se darán a conocer los resultados para que otras personas interesadas puedan aprender de nuestra investigación.

**1.10. Derecho a negarse o retirarse:**

Usted no tiene porque tomar parte en esta investigación si no desea hacerlo. Puede dejar de participar en la investigación en cualquier momento que quiera. Es su elección y todos sus derechos serán respetados.

### **1.11. A Quién Contactar:**

Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el estudio. Si desea hacer preguntas más tarde, puede contactar cualquier de las siguientes personas:

Minoska Contreras C: 90375767

Carolina Fernández L: 66017928

Ana Salamanca B: 62338935

## **PARTE 2:**

### **2.1. Formulario de Consentimiento**

He sido invitado a participar en la investigación acerca del entrenamiento de la musculatura inspiratoria. Entiendo que deberé asistir a las evaluaciones e intervenciones. He sido informado de que los riesgos son mínimos, y se me ha proporcionado el nombre de las tres investigadoras que pueden ser fácilmente contactadas.

He leído la información proporcionada. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento.

**Ficha de registro**

**Estudio:** “Efectos del dispositivo de carga resistida sobre la fuerza muscular inspiratoria y la capacidad aeróbica en los jugadores de la selección masculina de básquetbol de la Universidad de las Américas, sede Concepción 2015”.

**Fecha Evaluación**   
**N°:** \_\_\_\_\_

<b>I. Antecedentes personales.</b>			
<b>Nombre:</b>			<b>Rut:</b>
<b>Sexo</b>			<b>F:</b> <b>M:</b>
<b>Fecha de nacimiento:</b>			<b>Edad:</b>
<b>II. Antecedentes clínicos.</b>			
<b>Fumador:</b>		<b>Ex fumador:</b>	<b>No fumador:</b>
<b>Antecedente patología respiratoria:</b>	<b>Si:</b>	<b>No:</b>	
	<b>Diagnóstico:</b>		
<b>Antecedentes de comorbilidad:</b>			
<b>Uso de Fármacos:</b>			
<b>Datos nutricionales:</b>	<b>Peso:</b>	<b>Talla:</b>	<b>IMC:</b>

**III. Registro de evaluaciones, intervenciones y re-evaluaciones durante el estudio.**
**Pimáx basal:**
**Test course-navette inicial:**
**Entrenamiento al 50% de la Pimáx (semana 1):**
**Entrenamiento al 60% de la Pimáx (semana 2):**
**Entrenamiento al 70% de la Pimáx (semana 3):**
**Entrenamiento al 75% de la Pimáx (semana 4):**
**Entrenamiento al 80% de la PIMax (semana 5):**
**Pimáx post-entrenamiento:**
**Test Course-Navette post-entrenamiento:**
**Observaciones:**

