



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA REHABILITACIÓN
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**MEDICIÓN DE LA MÁXIMA AMPLITUD ELECTROMIOGRÁFICA DE LOS
MÚSCULOS RESPIRATORIOS CON CARGA INCREMENTAL,
OBSERVANDO LA CAPACIDAD INSPIRATORIA EN SUJETOS SANOS DE
18-25 AÑOS, ESTUDIANTES DE KINESIOLOGÍA SEDE CASONA LAS
CONDES DE LA UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO**

Tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología

Autores:

RAÚL IGNACIO FUENTES GUZMÁN
MARÍA JOSÉ MARINO CONDE
LUIS LEONARDO SANDOVAL BEAS

Profesora Guía:

PAOLA FIGUEROA GONZÁLEZ

Santiago de Chile, 2015

Para nuestras familias, amigos, profesora Paola Figueroa, profesor Leonidas Arias, profesores de la Escuela de Kinesiología de la UNAB sede Casona de Las Condes y a todas las personas que nos apoyaron durante este proceso de nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

RAÚL IGNACIO FUENTES GUZMÁN

En primera instancia agradecer a cada persona que hizo posible la realización de esta investigación, a la Profesora Guía Paola Figueroa por su constante apoyo y dedicación a lo largo de todo este proceso y al Profesor Leónidas Arias por su cooperación. Además, agradecer a mis compañeros Luis Sandoval y María José Marino, por todo el esfuerzo y sacrificio entregado, sacrificando tiempo con sus respectivas familias, amigos y parejas durante fines de semanas completos, en especial a María José por ser más que una compañera, convertirse en una gran amiga no solo durante la realización de nuestra tesis, sino a largo de los últimos años siendo una parte fundamental en el día a día.

En segundo lugar a toda mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mis padres Raúl Fuentes Gaete y Ana Guzmán Cavieres por su esfuerzo diario por salir adelante, son mi principal ejemplo a seguir, sé que este es el primer logro de muchos y espero ser algún día la mitad de las personas que ellos son. No existen palabras que describan el sentimiento de amor y admiración hacia ellos, simplemente gracias. No puedo dejar de mencionar a Ángel Guzmán, quien más que un tío es mi hermano mayor y su esposa Carolina Quitral por la motivación a elegir esta hermosa carrera y acompañarme en cada paso importante a lo largo de mi vida.

Por último, agradecer a Paula Morales Parra por su ayuda en los aspectos formales del presente trabajo, pero por sobre todo por su amor incondicional, apoyo y comprensión en momentos difíciles, gracias por ser un pilar fundamental y un motivo más para salir adelante a lo largo de los últimos años.

AGRADECIMIENTOS

MARÍA JOSÉ MARINO CONDE

En primer lugar quiero agradecer a mis papas por su esfuerzo, porque trabajan duro día a día para que nosotros logremos nuestros objetivos y estudiemos. Con este primer paso su tarea de que sus hijos sean profesionales se encuentra cerca de finalizar. También quiero agradecer a mis hermanos Manuel y Jose Antonio porque me ayudan y apoyan en todo lo que pueden. Gracias a mi cuñada Sonia por su preocupación constante y a mi sobrino Matías Ignacio que me alegra cuando no doy más de cansancio.

También darle las gracias a nuestra profesora guía la Kinesióloga Paola Figueroa quién desde el día uno de este proyecto pensó en nosotros, nos apoyo y estuvo presente en cada avance. Agradecer también al Kinesiólogo Leonidas Arias quién nos ayudo en las mediciones y cuando teníamos dudas sobre electromiografía. A los profesores de la Escuela de Kinesiología UNAB que nos ayudaron durante este proceso.

Finalmente a mis compañeros Raúl y Luis, me faltan las palabras para agradecer su compromiso con este proyecto, por esos fines de semanas que tuvimos que dejar todo por la tesis, quedarnos hasta tarde y juntarnos después del turno. Gracias por su compromiso y por aguantar hasta el final. Un agradecimiento especial a Raúl, que más que mi compañero de tesis es mi mejor amigo y fue un apoyo fundamental en este proceso. Primera etapa finalizada y juntos. ¡Gracias por todo negro!

AGRADECIMIENTOS

LUIS LEONARDO SANDOVAL BEAS

La realización de esta tesis no solo viene a cerrar una etapa, sino también iniciara una nueva llena de desafíos que permitirán cumplir nuestros objetivos personales y profesionales. Donde se ve el reflejo del esfuerzo, dedicación y compromiso de cada una de las personas que fueron partícipes de este proceso.

Comenzare por agradecer a mis padres Erna Beas y Mario Sandoval por la confianza que depositaron en mí para cumplir mis sueños, quienes a pesar de todas las dificultades se levantaron una y otra vez para que yo pudiera estar donde estoy ahora, sin su apoyo incondicional no lo hubiera logrado. Todo esto es por ustedes.

Mis hermanos (as), Paola, Mario, Carolina y Lilian cada uno de ustedes sabe lo importante que fueron durante estos años, la perseverancia la aprendí de ustedes, los adoro. Además, quiero agradecer especialmente a mi hermano Javier, tú fuiste el gestor y motivador principal, gracias por entregarme tu confianza, debes saber que jamás te defraudare. Al resto de mi familia, son el pilar y mi apoyo incondicional.

Agradecer a mis amigos, en especial a Trinidad Poblete por ser mi cable a tierra y compañía en cada alto y bajo durante estos años, sé que siempre contare contigo. A Camila y Belén porque se convirtieron en lo más bonito que me dejaron estos 5 años de universidad, su amistad infinita.

Finalmente, a mis compañeros tesisistas, Raúl y Cote; que pusieron cada neurona en este proyecto, así como dedicación y esfuerzo hasta el final. A nuestra profesora Paola Figueroa por su disposición y entrega; gracias por los conocimientos que estoy seguro nos harán mejores profesionales.

RESUMEN

Objetivo: Este estudio busca describir cual es la máxima amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios (intercostales/ diafragma/ ECOM) en diferentes cargas, las cuales fueron impuestas por una válvula Threshold IMT. **Método:** Se ocuparon cargas desde el 10% al 50% en base a la Pimax basal de cada sujeto expresada en cmH₂O. Se aumentaron las cargas 10% cada 2 minutos según protocolo basado en la evidencia actual. Se realizó una EMGs la cual mostró la amplitud alcanzada por dichos músculos en las diferentes cargas impuestas y también se realizó una espirometría simple, la cual permite observar el comportamiento de la CI. Se analizaron variables como la edad, talla, peso e IMC. Además, durante las mediciones para disminuir los sesgos, cada evaluador realizó la misma función en cada medición. En total se midió a 31 sujetos, sin embargo, por un error en la recolección y almacenamiento de datos solo se analizaron los datos de 13 sujetos (10 hombres y 3 mujeres) los cuales cumplen con los criterios de inclusión y no presentan ningún criterio de exclusión. Se dividieron a los sujetos en 3 grupos, dependiendo del porcentaje máximo que alcanzaron. Una vez obtenidos los datos se realizó la normalización correspondiente para relacionarlos entre sí y luego se analizó estadísticamente con el programa STATA. **Resultados:** Los mejores valores de CI se encuentran con una carga del 10% de la Pimax en 12/13 sujetos. La amplitud electromiográfica se encontró que en los 3 grupos evaluados la mayor amplitud electromiográfica del músculo diafragma se logra al 30%. Los intercostales va en aumento en medida que la carga impuesta es mayor y el músculo ECOM para el grupo 1 y 2 su peak de amplitud se registra al 20%. **Conclusión:** Tras el análisis correspondiente de los datos de esta investigación se concluyó la necesidad de la realización de nuevos estudios que aclaren las incógnitas aún presentes.

ÍNDICE

Portada.....	1
Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Resumen.....	6
Índice.....	7
Introducción.....	10
Problema de Investigación.....	14
Pregunta de investigación.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivo Específicos.....	15
I. MARCO TEÓRICO	
1.1 Mecánica Ventilatoria.....	16
1.1.1 Anatomía.....	16
1.1.2 Acciones Musculares durante la ventilación.....	19
1.1.3 Entrenamiento Muscular.....	20
1.1.3.1 Fatiga muscular respiratoria.....	31
1.1.4 Metaborreflejo.....	31
1.1.5 Evaluación de la mecánica respiratoria.....	33
1.2 Pruebas Funcionales.....	33
1.2.1 Espirometría.....	34
1.2.1.1 Consideraciones generales de la Espirometría.....	42
1.2.1.2 Espirómetros.....	46
1.3 Electromiografía.....	47
1.3.1 Electromiografía de superficie.....	48

1.3.2 Factores que influyen en la señal.....	49
1.3.3 Amplitud.....	50
1.3.4 Recomendaciones de la SENIAM.....	51
1.3.5 Electrodo.....	54
1.3.6 Posición electrodo.....	56
1.3.7 Contaminación de la señal.....	59
1.3.8 Electromiografía y ciclo menstrual.....	60
II. MATERIAL Y MÉTODO	
2.2 Selección de sujetos.....	62
2.3 Tamaño muestra.....	63
2.4 Espacio físico.....	64
2.5 Equipos.....	64
2.5.1 Espirometría.....	64
2.5.2 Protocolo y ejecución de la Espirometría.....	65
2.5.3 Criterios de aceptabilidad.....	66
2.5.4 Principales errores.....	66
2.5.5 Registro.....	67
2.5.6 Higiene.....	67
2.6 Electromiógrafo.....	67
2.6.1 Tipos de electrodo.....	68
2.6.2 Posición de electrodo.....	68
2.6.3 Posición canales del electromiógrafo.....	69
2.7 Dispositivo de carga umbral.....	69
2.8 Posición sujetos.....	70
2.9 Criterios de inclusión y exclusión.....	70
2.9.1 Criterios de inclusión.....	71

2.9.2 Criterios de exclusión.....	72
2.10 Materiales de medición.....	73
2.11 Normalización de datos electromiográficos.....	75
2.12 Normalización de datos espirométricos.....	76
2.13 Aspectos éticos de la investigación.....	77
III. ANÁLISIS DE DATOS	
3.1 Resultados.....	79
3.2 Discusión.....	113
3.3 Conclusiones.....	118
Referencias.....	119
Glosario.....	127
Anexos.....	129
Fotos.....	156

INTRODUCCIÓN

El registro de la actividad muscular ha permitido evaluar la capacidad de respuesta del Sistema Respiratorio cuando éste es sometido a cargas tanto físicas como fisiológicas, las cuales alteran la ventilación. Siendo el diafragma el responsable de aproximadamente 70% del trabajo respiratorio, su conocimiento permite mejorar el entrenamiento de la musculatura participante en la inspiración, mediante la determinación de la carga respiratoria. En la actualidad, es conocido que la limitación en la función del sistema respiratorio puede limitar el rendimiento en el ejercicio en personas con patologías pulmonares, cardiovasculares inclusive en personas sanas.

La Sociedad Torácica Americana (ATS) y Sociedad Respiratoria Europea (ERS) han definido la Rehabilitación Pulmonar como un trabajo interdisciplinario donde la intervención es basada en la evidencia. Tiene por propósito disminuir los síntomas, mejorar la capacidad funcional, aumentar el nivel de participación y reducir costos asociados a cuidados de salud, ya que ayuda a manejar y revertir algunas manifestaciones clínicas. Es fundamental en la Rehabilitación Pulmonar contar con participación activa tanto del sujeto como de su familia. Además, contar con un equipo interdisciplinario el cual colabore con el resultado que se busca con la Rehabilitación Respiratoria.

La literatura ha planteado a lo largo de los años que la óptima carga de trabajo para la musculatura respiratoria es al 30% de la Presión inspiratoria máxima (Pimax) basal. Sin embargo, numerosas investigaciones, en personas con diversas condiciones de salud, demostraron lograr efectos significativos con cargas sobre el 30% de la Pimax. Incluso, se confirmó efectos positivos, como disminución de la disnea con cargas sobre el 50% de la Pimax en sujetos con EPOC.

En Chile, durante el año 1995 la Dra. Carmen Lisboa menciona en sus estudios que basándose en la literatura ocuparían un 30% de la Pimax como resistencia para el entrenamiento de los músculos respiratorios. Es decir, que el 30% ha sido estudiado hace varios años atrás, encontrando incluso publicaciones de la década de los años 80. En el año 2014 se publicó un estudio donde se indica un uso de la carga umbral del 50% de Pimax durante cuatro semanas en sujetos con EPOC, generando mejores respuestas adaptativas para los sujetos en el ejercicio.

No obstante, ya comprendido que en sujetos con condición de salud respiratoria como el EPOC queda en evidencia que no existe una carga determinada que tenga mejores efectos que otra, sino que distintas cargas ofrecen variados beneficios. Se realizó un estudio donde se observó en sujetos sanos el efecto de la carga umbral, cómo variaron los volúmenes pulmonares y la actividad electromiográfica en hombres como en mujeres. Se halló que la activación muscular ocurre anticipadamente en mujeres. Otro estudio ratifica esta información estudiando sujetos sanos (hombres y mujeres), encontrando también diferencias en la máxima actividad muscular entre hombres y mujeres. Además, se concluyó que la actividad diafragmática disminuye a partir de los 40 cmH₂O, produciéndose luego la fatiga muscular. Si bien, estos estudios consideraron diferencias entre hombres y mujeres, ninguno ponderó si las diferencias de talla también afectan los volúmenes pulmonares. Cabe destacar que estos estudios se realizaron utilizando diferentes cmH₂O y no en base a un porcentaje de Pimax.

Actualmente los estudios dicen que la carga umbral debe ser definida en base a la Pimax. Además, se debe considerar que con evaluaciones realizadas al 60% de la Pimax se produce una disminución de la actividad de la musculatura inspiratoria. Es decir, se produce la fatiga muscular. Basados en la investigación inicial se realizó un estudio donde

se definió que entre las cargas de 25% a 50% de la Pimax no se produciría fatiga muscular, la cual solo aparece a intensidades entre el 60% y 80% de la Pimax. Las principales discrepancias entre los estudios analizados se deben a las diferencias entre un protocolo y otro, principalmente en la intensidad, duración y el nivel de condición física de los sujetos evaluados. Por lo tanto, en base a la premisa anterior ¿Se deben considerar las características que presenta cada sujeto para realizar un entrenamiento adecuado?

Queda claro que existen diferencias sobre la resistencia con la cual se debe entrenar los músculos respiratorios, cabe destacar que hay diferencia entre hombres y mujeres, pero no se ha estudiado si otros factores estarían implicados en la carga que se debe aplicar sobre el sistema respiratorio. Los estudios concuerdan con que el entrenamiento de la musculatura respiratoria es fundamental, debido a que mejora la capacidad pulmonar, la respuesta y la adaptación al ejercicio, así como aumenta la calidad de vida de quienes padecen condiciones de salud respiratorias. Sin embargo, existe arbitrariedad con respecto a los protocolos que utilizan carga umbral en Rehabilitación Pulmonar. Si bien, la mayoría utiliza carga al 30% o 40% de la Pimax, estos tampoco consideran las diferencias relacionadas con la edad, género, talla, entre otras variables.

Es por esto que, nos parece fundamental que el uso de dispositivos para el entrenamiento de la musculatura respiratoria, sea dependiente de la condición física, biológica y antropométrica de cada sujeto, las cuales no han sido consideradas a la hora de diseñar un plan de entrenamiento. Se hace cada vez más necesario que la evaluación y tratamiento sea en base en las características individuales de cada sujeto, esto con el fin de optimizar los resultados de la intervención.

Por lo anterior, se ha decidido desarrollar un estudio descriptivo-cuantitativo en sujetos sanos, con medición de la actividad muscular y función pulmonar, con el fin de confirmar la existencia de relaciones entre las características del sujeto y los valores obtenidos.

Problema de investigación

La literatura da cuenta de la importancia de la rehabilitación respiratoria. Se describen diversos protocolos para diferentes condiciones de salud de los individuos en donde la rehabilitación pulmonar tanto en sujetos con patología respiratoria, deportista e incluso sana ofrecen efectos positivos a diversas cargas de trabajo. Sin embargo, los resultados obtenidos no especifican cual es la carga ideal con la cual se debe entrenar la musculatura respiratoria con el fin de obtener mejorías en su condición.

Por lo tanto, existe falta de claridad en los protocolos basados en la evidencia que son utilizados para el entrenamiento de la musculatura respiratoria a través de válvula umbral, en cuanto a la relación del porcentaje de carga aplicada respecto a la máxima amplitud electromiográfica y comportamiento de las variables espirométricas para potenciar los beneficios del entrenamiento muscular respiratorio.

Pregunta de investigación

¿A qué carga incremental se registra la máxima amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios, observando el comportamiento de la capacidad inspiratoria en sujetos sanos estudiantes de kinesiología de 18-25 años de la Universidad Nacional Andrés Bello?

Objetivo General

Describir la máxima amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios con carga incremental, observando la capacidad inspiratoria, en sujetos sanos de 18 a 25 años.

Objetivos Específicos

- Comparar la amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios a diferentes cargas de trabajo.
- Observar la variación espirométrica de la capacidad inspiratoria a diferentes cargas de trabajo.
- Identificar posibles variables antropométricas de los individuos que marquen una tendencia en la máxima amplitud electromiográfica.
- Describir el comportamiento de las variables amplitud electromiográfica y capacidad inspiratoria.

MARCO TEÓRICO

1.1. Mecánica Ventilatoria

El proceso de ventilación es un fenómeno mecánico cuyo objetivo es renovar el aire alveolar a través de las vías aéreas, las cuales comunican el ambiente con el área de intercambio gaseoso en los pulmones, esto gracias a los ciclos de inspiración y espiración. Este proceso ocurre por la acción de diferentes músculos con inserción en el tórax. ⁽¹⁷⁾ La contracción de la musculatura respiratoria, principalmente el aplanamiento del diafragma, provoca un gradiente de presión, en el cual la presión intratorácica se vuelve negativa con relación a la atmosférica, permitiendo así el ingreso de aire al pulmón. Una vez igualadas las presiones, el retroceso elástico del pulmón junto a la relajación de la musculatura inspiratoria provocará aumento de la presión intratorácica por sobre la atmosférica, permitiendo la salida del aire al medio ambiente. Además, es importante considerar la función del tórax como protector pulmonar, base estructural de la columna cervical y punto de inserción muscular para la ventilación. ⁽¹⁷⁾

1.1.1 Anatomía

Diafragma: es el principal músculo de la respiración, ya que realiza entre el 70-80% del trabajo respiratorio. Tiene la capacidad de aumentar el volumen intratorácico en los diámetros antero-posterior, céfalo-caudal y medio-lateral. Se origina en un tendón central para luego dirigirse a sus inserciones distales, su origen corresponde al centro de la cúpula del músculo, para luego insertarse en sus tres porciones inferiores: la *porción costal* que se inserta en las superficies internas de las costillas VI y VII. La *porción esternal*, que se inserta en la parte posterior del xifoides y por último la *porción lumbar*, la cual posee dos

pilares (derecho e izquierdo) los cuales se originan en los cuerpos vertebrales de L1 a L3. Sumado a esto, dos arcos que recubren al cuadrado lumbar y psoas mayor. Por último, este músculo es inervado por el nervio frénico, cuyas raíces están desde C3 a C5. ⁽⁶⁴⁾

La musculatura esquelética se define según las características estructurales dada por el tipo de fibra muscular. En este punto las fibras se clasifican según su análisis histoquímico en fibras de tipo I, IIA y IIB; así como en la actividad contráctil que estas presentan. Estas son de acción lenta (Oxidativas), acción rápida (Glucolíticas) y fibras fatiga-resistentes (Oxidativa-Glucolíticas), respectivamente. ⁽⁵⁴⁾ El músculo diafragma presenta aproximadamente un 55% de fibras lentas con propiedades oxidativas (Tipo I) con gran resistencia a la fatiga, 21% de fibras fatiga-resistentes con propiedades oxidativa - glucolíticas (Tipo IIB) y 24% de fibras con propiedades glucolíticas (Tipo IIA), que son aquellas altamente fatigables. ⁽⁷¹⁾

Escalenos: Se insertan en la columna cervical y en las dos primeras costillas, su contracción provoca un aumento del volumen intratorácico, gracias a la elevación de costillas y esternón. Actúan en conjunto con el diafragma. ⁽⁶⁴⁾

Intercostales: Como indica su nombre son una serie de capas finas de músculos que ocupan los espacios intercostales. Los *intercostales externos* son los más superficiales, sus fibras van en sentido similar a las fibras del oblicuo externo. Hay siete por costado, cada uno se origina en el borde inferior de una costilla y va al borde superior de la costilla inferior. Sus fibras van en sentido oblicuo, se asume que permiten una expansión de los espacios intercostales, esto provocaría un aumento del volumen intratorácico, por tanto, son considerados músculos inspiratorios. Los *intercostales internos* están a nivel más profundo, sus fibras van en sentido similar al oblicuo interno, también son siete por lado

y sus fibras se ubican perpendicular a la de los intercostales externos, por tanto se asocia con la espiración. Los *intercostales íntimos* son los más profundos y están menos desarrollados, en comparación con los otros, se ubican paralelos y están a un nivel más profundo que los intercostales internos. Una función clara de los músculos intercostales es la estabilización de los espacios intercostales durante la respiración. ⁽⁶⁴⁾

Serrato posteroinferior: Su inserción superior se encuentra en las superficies posteriores de las costillas IX-XII, cerca de los ángulos costales. Llega a las apófisis espinosas y ligamentos supraespinosos de T11 a L3. Está inervado por los nervios intercostales. ⁽⁶⁴⁾

Serrato posterosuperior: Va desde las apófisis espinosas de C6 a T3 hasta la superficie posterior de las costillas III y IV, cerca de sus ángulos y también inervados por los nervios intercostales. ⁽⁶⁴⁾

Elevadores de las costillas: Sus inserciones superiores están en los extremos de las apófisis transversas de C7 a T11 y van hasta las superficies externas de las costillas, específicamente entre los ángulos y tubérculos. ⁽⁶⁴⁾

Esternocleidomastoideo (ECOM): tiene dos cabezas, una se origina en el esternón y la otra en la clavícula, luego se insertarán en la apófisis mastoides y la línea nugal superior. La función de este músculo es hacer girar la cabeza hacia el lado contrario e inclinarla ipsilateralmente, este músculo está inervado por el nervio accesorio y por el plexo cervical (C1-C2). ⁽¹⁸⁾

1.1.2 Acciones musculares durante la ventilación

Podemos considerar que el tórax incluye desde el cuello hasta la pelvis, teniendo dos puntos fijos que serían la columna vertebral y la pelvis, ya que estos no se ven afectados por la contracción de los músculos respiratorios. Todo músculo que logre un aumento de los volúmenes pulmonares se considerará músculo inspiratorio y todo aquel que logre una disminución de los volúmenes se considerará músculo espiratorio. ⁽⁶⁴⁾

Durante el transcurso de la ventilación encontramos cambios en la dimensión torácica, debido al aumento del volumen intrapulmonar. Estos cambios son en el diámetro vertical, antero-posterior y medial-lateral, están dados por la acción muscular. En cuanto a los cambios verticales, se deben a la contracción y posterior descenso de la cúpula del diafragma. La elevación y depresión de costillas junto al esternón, es provocada por los músculos inspiratorios, permitiendo el cambio antero-posterior y medial-lateral. ⁽⁶⁴⁾

La inspiración tranquila es sostenida principalmente por el diafragma, sin embargo, este necesita que los intercostales y escalenos estabilicen el tórax, para que este no baje durante la contracción diafragmática. Por otro lado, encontramos la inspiración forzada, donde junto a los músculos mencionados para la respiración tranquila, necesitaremos reclutar una mayor cantidad de músculos, los cuales permitirán ampliar aún más la caja torácica en todos sus diámetros (Anexo 1.) Además, estos músculos se utilizan para aumentar la frecuencia respiratoria y el volumen de aire que inspiramos, pero también pueden compensar las posibles disfunciones del músculo principal, el diafragma. ⁽⁶⁴⁾

Posterior a este proceso ocurre la espiración, proceso principalmente pasivo producto de la relajación de los músculos inspiratorios y retroceso elástico del tórax. Como se mencionó anteriormente, las costillas y esternón vuelven a su posición previa a la

inspiración, recapturando parcialmente la energía utilizada. Sin embargo, existe la espiración forzada, cuyos principales músculos responsables son los abdominales. Estos incluyen recto abdominal, oblicuo externo e interno y transversal del abdomen. El actuar de estos músculos provoca una flexión del tronco, lo que lleva a un descenso de costillas y esternón, permitiendo la expulsión rápida del aire; como ocurre en el estornudo o tos. Adicionalmente, la contracción de estos músculos provoca una compresión de las vísceras, lo cual conlleva a un ascenso del diafragma. ⁽⁶⁴⁾

1.1.3 Entrenamiento muscular

En la actualidad, es reconocido que el sistema respiratorio puede limitar el rendimiento en el ejercicio en personas sanas o que presenten enfermedades cardiovasculares o pulmonares. Por lo tanto, cada vez es más utilizado el entrenamiento de los músculos respiratorios para favorecer el rendimiento en sujetos sanos o la calidad de vida en sujetos que se encuentren con alguna condición de salud. ⁽³⁴⁾

En un estudio realizado en pacientes con limitación crónica del flujo aéreo, realizado en 1997, se observó que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria producía aumento de la Pimax basal, sin importar si el entrenamiento era al 10% o 30% de la Pimax. Al ocupar el 30% se puede disminuir la disnea, mejorar la distancia recorrida en el test de marcha de 6 minutos, reducir el volumen minuto, disminuir el VO₂ para el ejercicio, reducir el costo metabólico para el ejercicio y mejorar el rendimiento en las actividades de la vida diaria. ⁽⁵³⁾

En el mismo estudio se observó que el entrenamiento muscular inspiratorio mejora la capacidad ventilatoria y aumenta el desempeño al ejercicio en los pacientes con limitación crónica del flujo aéreo. ⁽⁵³⁾

El deterioro de la musculatura respiratoria se refleja en la pérdida de fuerza y resistencia frente al ejercicio. Por lo tanto, dichos músculos deben adaptarse a las nuevas cargas de trabajo impuestas por la patología presente. Para la valoración de este deterioro es necesario realizar pruebas que midan las variables afectadas según la condición de salud en que se encuentre. ⁽⁶⁶⁾

Como se ha descrito, el entrenamiento físico general no tiene la capacidad de aumentar la fuerza ni la resistencia de los músculos respiratorios. Es esta una de las bases que justifica el interés por aplicar nuevas estrategias para la intervención de músculos respiratorios. Sin embargo, esta postura también presenta opositores, ya que en los estudios realizados existen diversos errores metodológicos. Además, existe falta de interés por esta área. ⁽⁶⁶⁾

Las investigaciones realizadas para el entrenamiento inspiratorio y espiratorio, indican que las válvulas umbrales y de carga resistida se asocian a mejoras en la función muscular respiratoria, que se ve reflejada en cambios de la Pimax y de la sensación de disnea. ⁽⁶⁶⁾

En cuanto a la medición de la Pimax es un método no invasivo para medir la fuerza de los músculos respiratorios, ⁽⁶⁶⁾ refleja el trabajo de la sinergia muscular tanto en sujetos sanos como en sujetos con alguna patología. El entrenamiento con cargas progresivas provocan un cambio favorable en la Pimax, probablemente reflejado por un cambio de adaptación morfológica de los músculos respiratorios. Se realizó el entrenamiento muscular respiratorio en sujetos sanos y mostró cambios importantes en la Pimax de base y otras variables como resistencia al ejercicio. ⁽¹⁰⁾

Con el fin de facilitar los Programas de Entrenamiento Muscular Respiratorio, se han creado diferentes instrumentos que permitan realizarlos. Estos instrumentos son: dispositivo umbral, dispositivo de carga resistiva (para ambos casos su principio de funcionamiento es la regulación de diferentes cargas, las cuales se aplican sobre la musculatura respiratoria) y el otro dispositivo es la hiperpneaisocápnic voluntaria, la cual funciona llevando al sujeto a un alto nivel de frecuencia respiratoria (50 – 60 por minuto) durante 15 minutos.⁽³⁴⁾

Estos tipos de dispositivos son ampliamente utilizados en la realización de entrenamiento a carga umbral de los músculos inspiratorios, tanto en deportistas, sujetos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica e individuos sanos, en función de mejorar la capacidad de la musculatura respiratoria y el rendimiento en el ejercicio.^{(34) (49) (69)}

En el trabajo realizado por S. Mota-Casals (2005) se demostró la importancia del entrenamiento de los músculos inspiratorios en el tratamiento de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), declaraba que el trabajo con válvulas de tipo resistivo y cargas mayores al 20% de la Pimax era capaz de inducir mejoras en la resistencia y la fuerza. Estudios aleatorizados y controlados en este tipo de pacientes demostraron cambios estructurales en la proporción de fibras tipo I y tipo II. Concluyendo que el entrenamiento inspiratorio era capaz de producir cambios funcionales que se ven reflejados en la disminución de la disnea, lo que se vería aumentado si se agrega entrenamiento general. Sin embargo, hasta esta revisión aún no se encontraban estudios con metodologías que aseguraran que una cierta intensidad de carga fuese la más óptima y contase con mejores resultados que el entrenamiento general.⁽⁶¹⁾

Dos años más tarde Barreiro y cols. dejan en claro que en aquellos sujetos que presentan EPOC, existe disminución en la fuerza del diafragma, probablemente debido a la hiperinsuflación que conlleva un aplanamiento de este mismo, alejándolo de su longitud óptima. Se suma un menor tamaño de las fibras musculares y baja concentración de proteínas contráctiles (miosina y actina). Con el fin de solucionar lo anterior se han desarrollado diversas estrategias de entrenamiento, principalmente tres: entrenamiento de las extremidades superiores (EESS), entrenamiento de las extremidades inferiores (EEII) y entrenamiento de la musculatura respiratoria. ⁽³⁾

El compromiso de la musculatura respiratoria es una pieza clave en la aparición de síntomas clásicos en las personas con EPOC, como lo son la disnea, limitación al ejercicio e hipercapnea. ⁽³⁰⁾ El entrenamiento de la musculatura inspiratoria se ha realizado usando valores mantenidos sobre el 30% de la Pimax. Otro estudio realizado por Barreiro y cols. demostró un aumento de fuerza y resistencia de la musculatura inspiratoria en personas con EPOC, utilizando cargas umbrales del 40% de la Pimax durante 5 semanas. Por otro lado, también se demostró aumento de la resistencia al realizar ejercicio de la musculatura espiratoria con cargas umbrales del 50% de la Presión Espiratoria Máxima (Pemax) durante 5 semanas. ⁽³⁾

Gomes y cols. (2009) llevaron a cabo un entrenamiento de la musculatura respiratoria para pacientes, los cuales fueron sometidos a una cirugía cardíaca. Tomaron a 30 voluntarios menores de 50 años, dividiéndolos en dos grupos de 15, donde un grupo recibiría un programa de entrenamiento domiciliario por dos semanas a un 40% de la Pimax y el otro no recibiría entrenamiento, sino que recibieron instrucciones generales, tales como caminatas diarias y respiraciones profundas en series de 10, 3 veces al día, sumado a un análisis espirométrico antes y después del programa de entrenamiento.

Llegaron a la conclusión de que efectivamente existían cambios positivos en los valores espirométricos, producto del entrenamiento de la musculatura respiratoria, principalmente en la capacidad vital forzada, la ventilación voluntaria máxima y la relación entre el volumen espirado forzado en el primer segundo y la capacidad vital forzada.⁽³³⁾

El dispositivo umbral que ocuparemos en este estudio (Anexo 2) permite el paso del aire o flujo solo cuando se logra una determinada presión inspiratoria, donde el nivel de esfuerzo se regula por la tensión de un resorte o fuelle que puede ser ajustado a un rango entre 0 y 45 cmH₂O, el cual dependerá de la Pimax basal de cada sujeto.⁽³⁴⁾

Una revisión sistemática que analiza 77 estudios sobre la evaluación de la fatiga muscular en individuos sanos (A través de carga de resistencia inspiratoria y ejercicio físico completo.) seleccionó 30 estudios donde se utiliza la resistencia inspiratoria a carga umbral para la evaluación de la fatiga, 27 de 30 de estos estudios pre definen que la carga umbral inspiratoria debe ser determinada en base a un porcentaje de la Pimax. Aquí, exponen como los trabajos realizados por Janssens y cols. encontraron que con carga umbral sobre el 60% del valor de la Pimax disminuye el trabajo muscular inspiratorio. Basado en la investigación inicial, se encontró que los estudios utilizan carga umbral entre el 25% y 50% de la Pimax, debido a que estas cargas no son suficientes para provocar fatiga muscular, concluyendo que esta solo aparecería a intensidades entre el 60% y 80% de la Pimax.⁽⁴⁹⁾

El protocolo para la realización de esta prueba (Pimax) ha sido descrito en un estudio que analiza el efecto agudo de cargas inspiratorias incrementales en el patrón respiratorio y en la frecuencia de la actividad predominante de la musculatura inspiratoria. Teniendo en cuenta las diferencias en las respuestas de género; para lo cual, utilizaron válvula

umbral y electromiografía de superficie en sujetos sanos de manera simultánea. Aquí, la Pimax se realizó a partir del volumen residual,⁽²⁷⁾ luego una máxima inspiración forzada, la que debe mantenerse durante, al menos, un segundo sin escape de aire entre el dispositivo y la boca, con una variación máxima de un 20% entre las tres mediciones de Pimax, acorde a las sugerencia de la ERS y ATS.⁽¹¹⁾ Sin embargo, un estudio anterior que analizó el entrenamiento muscular inspiratorio en pacientes con EPOC, consideró el mejor de tres valores con una variación menor del 10% como referencia para el cálculo de la Pimax.⁽¹²⁾

Las cargas inspiratorias se realizaron utilizando un dispositivo umbral de resorte, según el protocolo propuesto por Johnson y cols. en 1997, donde los sujetos realizan una inspiración a través del dispositivo; generando una apertura umbral inicial de 10 cmH₂O de presión, elevándose 5 ml. cada 2 minutos, hasta no subir el émbolo en dos respiraciones continuas o hasta el tope de presión del dispositivo, o bien en el caso de fatiga. El sujeto debe respirar normalmente y sin ningún patrón en especial. Finalmente, para garantizar la respiración sin carga y con carga, se evalúa una reparación adicional a través de válvula umbral sin carga, para restaurar el patrón respiratorio.⁽²⁷⁾ Para su uso debemos ocupar pinza nasal.⁽²²⁾

Se ha demostrado que el uso de válvulas umbrales para el entrenamiento con la utilización de una carga del 30% del Pimax lograba disminuir la sensación de disnea, aumentaba la fuerza muscular inspiratoria y cambiaba favorablemente el patrón ventilatorio en sujetos con EPOC. Sin embargo, otro estudio demostró que también se obtenían resultados favorables con una carga del 60% de la Pimax.⁽⁷⁰⁾

Realizar un entrenamiento para músculos inspiratorios y espiratorios puede beneficiar a aquellos sujetos que presenten una enfermedad respiratoria obstructiva o restrictiva. Si

bien, la mayoría de los estudios están enfocados a los músculos inspiratorios, los espiratorios no son menos importantes, ya que estos pueden determinar la eficacia de la tos, que trae consigo evitar el acumulo de secreciones a través de la expulsión de éstas. Por lo tanto, el entrenamiento de este grupo sería una opción terapéutica en algunas enfermedades neuromusculares. ⁽²⁸⁾ No obstante, considerando las etapas de la tos, el entrenamiento inspiratorio es esencial para el ingreso de aire a los pulmones y posterior a éste es posible asistir la tos en caso de ser ineficaz.

J. L. González-Montesinos y cols. en 2012, determinaron que los principales factores respiratorios que afectan el rendimiento físico serían las limitaciones de la mecánica pulmonar, limitación de la difusión pulmonar, reflejo metabólico respiratorio y la fatiga muscular respiratoria. Aquí el reflejo metabólico respiratorio se produce como consecuencia de la actividad simpática, la cual provoca una vasoconstricción hacia los músculos esqueléticos, recibiendo menos flujo sanguíneo, lo cual favorece la aparición de la fatiga; ya que su objetivo es preservar la función de los músculos respiratorios. Es por esto que uno de los beneficios del entrenamiento muscular respiratorio sería el retraso de la aparición del reflejo metabólico respiratorio. ⁽³⁴⁾

Una investigación realizada recientemente, buscaba comparar el efecto de las cargas respiratorias incrementales en hombres y mujeres, impuestas a través de una válvula Threshold, junto a una medición electromiográfica de la actividad muscular y el uso de pletismografía, para determinar la variación de volúmenes pulmonares. En esta investigación, se planteó que las cargas pueden provocar un aumento en la ventilación y que las diferencias de género entre hombre y mujer jugaban un papel importante en la función pulmonar. Por lo tanto, se tomó una muestra de sujetos sanos y se les aplicó cargas desde 0 cmH₂O a 40cmH₂O. (Anexo 3) Además, de una correcta aplicación de electrodos

en diafragma e intercostales para la electromiografía de superficie (EMGs) que se explicará más adelante.⁽²⁷⁾ Al finalizar el estudio comprobaron que realmente existía diferencias, no tan solo en la resistencia a la carga entre hombre y mujer, sino que también en la actividad electromiográfica y cambios de volúmenes pulmonares. Las mujeres presentaron cambios a partir desde los 20 cmH₂O, mientras que los hombres a partir de los 30 cmH₂O. Estos cambios pueden ser atribuidos a componentes hormonales, tamaño del tórax, entre otros.⁽²⁷⁾ Durante el protocolo de entrenamiento cinco de los sujetos no pudieron completar los ejercicios, ya que la fatiga apareció antes de lo previsto, esto fue a los 10, 20 y 30 cmH₂O. Si bien, se comprobó que efectivamente las cargas incrementales provocan un aumento de la ventilación, es importante tener en cuenta las diferencias entre hombres y mujeres al desarrollar un plan de entrenamiento.⁽²⁷⁾

Las enfermedades respiratorias de por sí repercuten negativamente en la calidad de vida de las personas, las exacerbaciones también se relacionan con esto, ya que provocan un deterioro en la actividad física de los sujetos. Un estudio realizado en el servicio de neumología complementó el entrenamiento respiratorio con entrenamiento físico, dando como resultado un mantenimiento de las funciones musculares, que permite mantener la actividad física de los pacientes y su calidad de vida, probablemente asociado a cambios morfológicos y funcionales de la musculatura.⁽⁴³⁾

Tal como se mencionó anteriormente el uso del entrenamiento muscular respiratorio estaría enfocado a las enfermedades neuromusculares. Si bien, es cierto que existen algunas publicaciones que avalan su eficacia, aún existe desconocimiento sobre los posibles riesgos y cuáles son las mejores estrategias de entrenamiento.^{(67) (74)}

En un entrenamiento muscular inspiratorios para distrofia muscular se usaron cargas de trabajo que van del 40 al 50% de la Pimax y para el entrenamiento espiratorio cargas de entre el 60 y 70% de la Pemax. Esto trajo consigo un aumento de la Pimax y Pemax en comparación al valor pre entrenamiento, además de la disminución de la sensación de disnea.⁽⁷⁴⁾ Aunque muchos estudios recomiendan trabajar con una carga del 30% de la Pimax, el porcentaje aún está en discusión, ya que no se ha determinado cual provee mayor beneficio y menor riesgo de daño muscular.⁽⁷⁴⁾

Con respecto al Accidente Cerebrovascular (ACV), la neumonía por aspiración es una de las principales complicaciones registradas después de la lesión, ésta se asocia a un aumento en el riesgo de mortalidad. El principal problema en estos sujetos es una tos ineficaz, por lo cual no cumple su función como mecanismo de protección para evitar la aspiración de sustancias nocivas. Es por lo anterior que se plantea el entrenamiento de los músculos respiratorios, lo cual traería consigo una disminución de la incidencia de neumonía por aspiración gracias a la recuperación de la tos como mecanismo protector de la vía aérea.⁽⁸²⁾

Dentro de los sujetos con lesión medular también son comunes las complicaciones respiratorias. Por lo tanto, también se pueden plantear objetivos de entrenamiento de fuerza y resistencia de los músculos inspiratorios. Se han encontrado efectos positivos en el aumento de la Pimax, realizándose entrenamiento muscular respiratorio en pacientes con tetraplejia, principalmente en el primer año posterior a la lesión.⁽⁶²⁾

La limitación de la mecánica ventilatoria es una de las características de sujetos con EPOC. Por tanto, un posible entrenamiento que mejore la fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria debería mejorar la capacidad para realizar una actividad física,

además de su calidad de vida. ⁽⁶⁾ Estos sujetos presentan debilidad de los músculos espiratorios la cual se ve reflejada en una hiperinsuflación, debido a la incapacidad de realizar la espiración normalmente. ⁽¹⁾⁽⁶⁶⁾ La hiperinsuflación característica de los sujetos con EPOC provoca un aplanamiento del diafragma, dejándolo en desventaja mecánica, disminuyendo su fuerza y resistencia a la fatiga. Todo esto provoca sensación de disnea y por tanto limitación al ejercicio. Por otro lado, el entrenamiento muscular tendría la capacidad de modificar la estructura muscular, contrarrestar el aplanamiento del diafragma, disminuir la hiperinsuflación, permitiendo revertir la pérdida de fuerza y resistencia. ⁽⁷⁰⁾

Se realizó un estudio que buscaba comparar métodos de entrenamiento muscular en sujetos con EPOC, en el cual se utilizaron dispositivos umbral y de carga resistiva. Si bien ambos funcionan de una manera diferente, los dos entrenamientos obtuvieron un resultado favorable aumentando el valor de la Pimax en comparación a la Pimax pre-entrenamiento, junto con la calidad de vida de los sujetos. Sin embargo, no fue posible determinar cuál entrenamiento era mejor, ya que no se realizaron con protocolos estandarizados. ⁽¹²⁾

Otro estudio en sujetos con EPOC demostró efectos positivos del entrenamiento muscular inspiratorio disminuyendo la sensación de disnea y la hiperinsuflación dinámica, reflejada en un aumento de la capacidad inspiratoria. ⁽⁶⁹⁾ Claramente, el entrenamiento muscular respiratorio tiene efectos positivos en general. Pero debemos considerar que sus efectos pueden variar según la estrategia de entrenamiento y las características del paciente, porque no siempre se obtienen los mismos resultados. ⁽⁶⁹⁾

En otro estudio se buscó desarrollar un protocolo en el cual se facilitará el destete de la ventilación mecánica, a través del entrenamiento muscular respiratorio. La ventilación

mecánica trae consigo fallas respiratorias que pueden deberse a una debilidad muscular, ésta dificulta el destete de los sujetos con ventilación mecánica. Por lo tanto, el entrenamiento de la musculatura respiratoria se plantea como una posible opción, ya que tiene la capacidad de revertir las disfunciones musculares. Además, retrasa el reflejo metabólico respiratorio. Para este estudio se realizó un trabajo con una carga del 30% de la Pimax, ya que una resistencia del 50% provocaría una severa disnea. Finalmente, el estudio demostró que ninguna de estas intervenciones puede acelerar el destete o reducir la permanencia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), pero se puede reducir la morbilidad y mortalidad debido a una disminución de los efectos asociados a ventilación mecánica. ⁽⁶⁾ Sin embargo, otro estudio determinó que si existen efectos que facilitan el destete de la ventilación mecánica gracias a un programa de entrenamiento cuya carga inicial era el 30% de la Pimax, esto se asoció a un cumplimiento de los requisitos de los requisitos para la extubación antes del tiempo previsto. ⁽¹³⁾

Por otro lado, la cirugía de corazón puede causar diversas complicaciones post operatorias, como complicaciones pulmonares que tienen un gran impacto en la morbilidad y mortalidad. Por lo tanto, es común observar cambios en la mecánica ventilatoria. Un estudio realizado midió diferentes variables pre operatorio y las comparó en los días 1 y 3 post operatorio realizando un entrenamiento de la musculatura respiratoria a un trabajo de 40% de la Pimax post operatoria. Si bien, los valores de volumen corriente (VC), Pimax y Pemax disminuyeron post operación, no se demostraron grandes efectos tras el entrenamiento al evaluarlo el tercer día. Sin embargo, otro estudio si registró cambios favorables en la recuperación post operatoria con entrenamiento muscular respiratorio. ⁽⁴⁾ ⁽³³⁾ Esta diferencia puede estar determinada por el corto periodo que fue aplicado el entrenamiento muscular respiratorio.

1.1.3.1 *Fatiga muscular respiratoria*

Consiste en la disminución de la fuerza que los músculos pueden desarrollar durante una contracción mantenida, siendo reversible. Esta puede aparecer por la falta de contractilidad, la cual puede estar dada por falta de sustratos o porque la carga impuesta sobre los músculos sea demasiado alta como para permitir su contracción. ⁽³⁴⁾

Durante la medición electromiográfica la aparición de la fatiga está marcada por una disminución de la amplitud en la EMGs, ya que las fibras se comienzan a desreclutar debido a la incapacidad de continuar con el ejercicio. ⁽²⁷⁾ Sin embargo, no se tratará en profundidad, ya que el objetivo del estudio no es producir la fatiga.

La evidencia demuestra que el entrenamiento muscular presenta diversos beneficios a la hora de ser aplicado. Sin embargo, son necesarias más investigaciones que aclaren la complejidad de este mismo y verifiquen sus beneficios. ⁽²⁷⁾ ⁽⁶⁶⁾ Igualmente es de gran importancia una estandarización de las metodologías de estudio para desarrollar evidencia científica. ⁽²⁸⁾ ⁽⁷⁰⁾

1.1.4 *Metaborreflejo*

Una revisión sistemática realizada por Romer LM & Polkey MI. en 2008, sobre los factores responsables de la fatiga de los músculos respiratorios, como un factor de limitación en la tolerancia al ejercicio, plantea que el aumento del flujo vasoconstrictor simpático producto del metaborreflejo de los músculos respiratorios, reduce el flujo sanguíneo hacia las extremidades, trayendo como consecuencia una mayor fatiga muscular inducida por el ejercicio sobre todo el sistema músculo esquelético. Diversas formas de estimulación de los metaborreceptores presentes en diafragma, músculos

inspiratorios y aquellos espiratorios (Que han sido estimulados, ya sea eléctricamente, farmacológicamente, o infusión de ácido láctico), han encontrado un aumento de la actividad simpática eferente de los nervios y una disminución de la conductancia vascular, que incluye la musculatura de las extremidades. ⁽⁷⁵⁾

Esquemas que han intentado explicar los efectos del metaborreflejo de los músculos respiratorios (Anexo 4), indican que el metaborreflejo se ocasiona por la fatiga de los músculos respiratorios, mediada por vías aferentes III/IV, que llevan a una vasoconstricción simpática de la musculatura de las extremidades, intensificando el esfuerzo percibido y limitando la tolerancia al ejercicio, debido a la redistribución del flujo sanguíneo hacia la musculatura respiratoria. ⁽⁷⁵⁾

Diversos estudios clínicos proponen que el entrenamiento de la musculatura respiratoria juega un papel determinante en la fatiga de las extremidades, así como en la tolerancia al ejercicio, en especial en pacientes con EPOC y con Insuficiencia Cardíaca Congestiva (ICC), en ambos casos la demanda ventilatoria va a estar aumentada, además de un gasto cardíaco y una respuesta simpática exagerada, incluso en ejercicio submáximo, lo que ocasiona una estimulación de los metaborreceptores, con la consiguiente redistribución del flujo sanguíneo a los músculos respiratorios en sujetos que exhiben un mayor trabajo respiratorio. Además, concuerdan que cuando se realiza un entrenamiento para aumentar la fuerza de los músculos respiratorios mediante resistencias a la inspiración, el flujo sanguíneo y la conductancia vascular se reduce en las extremidades, debido a un retraso en el metaborreflejo respiratorio, lo que mejora la tolerancia al ejercicio, la resistencia a la fatiga muscular y la eficiencia mecánica de estos músculos; lo que trae como consecuencia que la disminución del gasto cardíaco requerida por la musculatura. ⁽⁷⁵⁾

1.1.5 Evaluación de la mecánica respiratoria

La ventilación es producto de la interacción de fuerzas activas y pasivas que alteran el volumen del tórax, respondiendo a la ley de Boyle (ley que establece que el volumen y la presión ejercida por un gas son inversamente proporcionales).⁽⁶⁴⁾

Estas variaciones de volúmenes son medibles a través de la espirometría, la cual será explicada con más detalle en la siguiente parte de esta investigación. Sin embargo, haremos mención de los volúmenes y capacidades más utilizadas en variadas investigaciones. (Anexos 5 y 6)

1.2 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales son fundamentales a la hora de tomar alguna decisión en el tratamiento de los sujetos. Son una herramienta para evaluar la función pulmonar, sirven para el diagnóstico y también para el seguimiento de los sujetos. Además, nos permiten evaluar el riesgo quirúrgico, la discapacidad y el pronóstico. El tipo de información que proporciona es objetiva, precisa, fiable y reproducible. Cada prueba consta con sus indicaciones determinadas e individuales.^{(72) (83)}

Algunas pruebas funcionales respiratorias son: la espirometría, la curva flujo-volumen, las pruebas broncodilatadoras y gases arteriales. Estas se clasifican como las pruebas funcionales básicas, otras pruebas que existen son la prueba de transferencia de monóxido de carbono, la determinación de los volúmenes pulmonares, pruebas de provocación bronquial, pruebas de ejercicios y pruebas para determinar las presiones musculares máximas.⁽⁷²⁾

En todas las pruebas funcionales es fundamental ocupar el equipo adecuado, indicaciones precisas y personal capacitado. También, es importante cumplir con las normas vigentes de la ejecución de la pruebas y que los equipos se encuentren calibrados. (72)

1.2.1 Espirometría

Dentro de las pruebas funcionales la espirometría es la principal prueba pulmonar. (14) (31) (35) (42) Se realiza hace más de 100 años. (26) Además, es la más accesible y reproducible para cuantificar la cantidad de aire que puede movilizar un individuo en función del tiempo, este desplazamiento de aire depende de factores como el calibre de los bronquios, las propiedades elásticas del tórax y de los pulmones. También, de la integridad de los músculos respiratorios. En el caso de ser una espirometría forzada es tiempo dependiente y si es una espirometría simple no depende del tiempo. (26) (51) (83)

La espirometría desempeña un papel esencial en el diagnóstico y manejo de las enfermedades respiratorias en general. Mientras que los aspectos metodológicos y técnicos de la prueba se han perfeccionado a lo largo de los años, la selección de los valores de referencia adecuados para usar en la interpretación de los resultados de la espirometría, sigue siendo problemática, esto probablemente debido a la amplia variedad de estudios sobre los valores normales, con al menos 53 publicaciones entre los años 1995 y 2004 solamente. (9)

La espirometría es una prueba pulmonar simple y no invasiva. Mide el flujo y el volumen de aire que moviliza cada individuo evaluado. Además, tiene un papel esencial en el diagnóstico y tratamiento del asma y EPOC. Todo esto gracias a que podemos comparar los valores obtenidos en la medición con los valores de referencia existentes. Es

una herramienta para entregar una atención integral en la rehabilitación pulmonar. De esta forma, mejorará la salud física y psicológica, el estado funcional y la calidad de vida del individuo. ⁽⁵⁾ ⁽⁶³⁾ Es la primera prueba funcional que se realiza en pacientes con enfermedades respiratorias, ya que a pesar de ser una prueba simple nos aporta información completa sobre la fisiología pulmonar. Es una técnica de diagnóstico sencilla, fiable y segura. Para asegurar una espirometría de calidad se necesita de tres factores: un espirómetro de calidad, guías o recomendaciones sobre la espirometría y por último personal de calidad capacitado y certificado. ⁽⁵⁵⁾

Como se mencionó anteriormente existen dos tipos, la espirometría simple y la forzada.

Simple: Entrega datos de capacidades y volúmenes estáticos por medio de maniobras lentas y que no dependen del tiempo. ⁽⁵¹⁾ Los principales valores que se pueden medir por medio de la espirometría lenta o simple es la capacidad vital lenta y la capacidad inspiratoria, las cuales son fáciles de realizar y son muy útiles en evaluación de respuestas a tratamientos. ⁽⁷⁾ ⁽⁸³⁾ En este caso el sujeto deberá utilizar siempre pinza nasal, respirar tranquilamente a través de la boquilla por lo menos tres ciclos respiratorios hasta que la capacidad residual funcional (FRC) sea estable, inspirar hasta capacidad pulmonar total (CPT) y espirar hasta volumen residual. Se deben realizar un mínimo de tres maniobras separadas en un minuto. ⁽⁸³⁾ En este estudio se ocupará este tipo de técnica.

Forzada: Se considera al volumen de aire que se exhala en relación al tiempo, realizando una maniobra espiratoria a máximo esfuerzo desde la capacidad pulmonar total hasta el volumen residual. ⁽⁵¹⁾ El sujeto debe respirar a volumen corriente por no más de 5 ciclos respiratorios y se le pedirá que realice una inspiración máxima hasta capacidad pulmonar total (CPT) con una pausa de un segundo, luego realizar una espiración forzada (máxima

velocidad y fuerza) hasta que se le indique la detención de la maniobra. Se debe retirar boquilla y pinza nasal al sujeto. Se realizará un mínimo de tres maniobras y un máximo de ocho, siempre y cuando sea necesario, dejando tiempo suficiente entre maniobras con el fin de que el sujeto se recupere del esfuerzo, evitando mareos. ⁽⁸³⁾

Se deberá dar instrucciones claras y/o demostrar la maniobra antes de comenzar, colocar la boquilla dentro de la boca con los labios alrededor, sin bloquear con la lengua y comprobar que no existan fugas, luego se le solicitará la oclusión de la nariz por medio de una pinza nasal. ⁽⁸³⁾

La espirometría se utiliza para diagnóstico, control, estudios epidemiológicos, evaluación de efectos de exposición ambiental, evaluar la respuesta a tratamientos, valorar riesgos, pronóstico y para la monitorización de patologías. ^{(31) (83)} Algo fundamental de la espirometría es que nos permite medir el impacto de la función pulmonar y enfermedades de otros órganos o sistemas. ⁽³¹⁾ La única limitación de la espirometría es que no permite medir el volumen residual (VR) ⁽⁸³⁾

En este estudio nos centraremos en la espirometría simple, ya que mediremos la *capacidad inspiratoria* (CI), la cual es el volumen máximo que un sujeto puede inspirar desde la capacidad residual funcional o también se puede definir como la suma del volumen corriente y el volumen de reserva inspiratoria. ^{(26) (31) (51) (83)} Pero ¿Por qué nos centraremos en este valor y no en otro? La respuesta a esta interrogante es que en este estudio se pretende medir el trabajo específico de los músculos inspiratorios y al medir la CI estaremos excluyendo el trabajo de los músculos espiratorios, ya que este es principalmente un proceso pasivo. Por lo tanto, la amplitud máxima electromiográfica la encontraremos en la fase inspiratoria.

En un estudio realizado el año 2011, donde se estudiaron 412 sujetos. Se vio cual era la importancia de la capacidad inspiratoria, para predecir cómo sería la estancia post operatoria de las personas que fueron sometidas a cirugías torácicas. Este estudio dice que la CI está asociada a la severidad del EPOC, cuando el %CI < 85% es un índice de predicción de un largo post operatorio y también se confirmó que el %CI tiene directa relación con la mortalidad por EPOC. Además, es importante destacar que en este estudio se concluyó que existe una relación entre la capacidad inspiratoria y el riesgo de estancia post operatoria, en sujetos sometidos a cirugía torácica y permite tomar mejores decisiones clínicas basadas en su valor.⁽⁵⁸⁾

En otro estudio realizado el año 2007 se vio que la capacidad inspiratoria puede ser reducida en casos de hiperinsuflación dinámica, de disnea y limitación al ejercicio en sujetos con EPOC. La medición de la capacidad inspiratoria está siendo cada vez más utilizada para la medición en clínica de la hiperinsuflación dinámica no solo en reposo, sino que también en ejercicio. La CI en reposo es un índice de predicción de la carga máxima de ejercicio, también es un buen índice para ver el efecto de los broncodilatadores y por último para la administración de oxígeno en caso de hiperinsuflación pulmonar. Otra función de la CI es que expresada en porcentaje es un buen índice de predicción de mortalidad. Sus valores de referencia se calculan restando la Capacidad Residual Funcional (CRF) a la Capacidad Pulmonar Total (CPT). Además, la CI va disminuyendo a medida que pasan los años. En este estudio se menciona que es posible obtener la CI por medio de los espirómetros actualmente disponibles y por medio de maniobra de Capacidad Vital Lenta (CVL), si la maniobra se realiza correctamente el valor será altamente reproducible. Se ha demostrado que la CI es mejor índice que el Volumen Espiratorio Forzado en un segundo (VEF_1), para evaluar el efecto de los

broncodilatadores, para predecir la capacidad de ejercicio y la mortalidad en sujetos con EPOC. ⁽⁵²⁾

Stanojevic y cols. el mismo año realizaron un estudio que buscaba dejar en claro la relación entre espirometría, función pulmonar y edad. Para ello consideraron una muestra de 3598 sujetos de 4-80 años, obteniendo los datos a través de cuatro encuestas de estudios anteriores, considerando principalmente los valores espirométricos FEV₁ y CVF. Tras el análisis de los datos observaron que en la edad temprana existían altos valores espirométricos, probablemente asociado a vías aéreas grandes respecto a los pulmones, lo que conlleva a tiempos inspiratorios cortos por un rápido vaciado pulmonar. Mientras que durante la adolescencia, la rápida disminución de la FEV₁ en comparación con la CVF y FEV, puede ser el reflejo de las diferentes tasas de crecimiento de pulmón y las vías respiratorias, especialmente marcada en los hombres. Además, quedó demostrada una relación entre la altura y los valores obtenidos, sumado a una disminución de los valores obtenidos con la edad. ⁽⁸⁰⁾

Actualmente, la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias recomienda los valores de referencia de Knudson y cols. para la realización de pruebas espirométricas. ⁽³⁷⁾ Sin embargo, se debe tener presente que las ecuaciones de regresión lineal obtenidas fueron de población americana sana, no fumadora y no mejicano-americana de Tucson Arizona. ⁽³⁶⁾ Mientras que en Chile, un estudio publicado en 1996 por Gutiérrez y cols entrega ecuaciones de referencia de personas sanas, no fumadoras, de la región de Valparaíso; compuesta por 144 hombres y 255 mujeres. ⁽³⁷⁾

Para la realización de los valores referenciales se utiliza sujetos sanos del punto de vista respiratorio. Es decir, sin infección respiratoria durante el último mes, sin

alteraciones torácicas anatómicas, disnea, tos, diagnóstico médico de asma bronquial, enfisema pulmonar, EPOC, bronquitis crónica, tuberculosis pulmonar, fibrosis pulmonar, cáncer bronquial o cirugía pulmonar. Además, no deben presentar un Índice de Masa Corporal (IMC) superior a 30 kg/m^2 , ser fumadores actuales o con antecedentes de tabaquismo y mujeres durante gestación.⁽³⁷⁾

Lo importante es aclarar los valores de referencia que ocuparemos. Gutiérrez y cols. en 2006 plantean que es necesario tener valores de referencia espirométricos para la población chilena, ya que los valores de Knudson subestiman a esta población. En este estudio se plantea que los valores de Gutiérrez y cols. en 1996, entregan valores más reales de esta población, ya que sus valores son de sujetos son de la V región, Chile. Por otro lado, Knudson da valores que subestiman a los sujetos como se mencionó anteriormente. Pero, no son fiables los resultados de Gutiérrez en la V región, ya que su “n” solo representa una región del país.⁽³⁶⁾

En otro estudio, Quanjer y cols. en 2012, realizan una investigación para calcular los valores de referencia espirométricos según etnia desde los 3 hasta los 95 años. Y plantean como su ecuación de referencia la GLI 2012, la cual considera la etnia como un valor que varía el resultado espirométrico en gran medida. Ellos plantean que el principal factor que determina la función pulmonar es la talla, por esta razón la etnia es fundamental. Con un N= 97.759 total, donde Chile está incluido en la etnia caucásica junto a Europa, Israel, Australia, USA, Canadá, México-Americano, Brasil, México, Uruguay, Venezuela, Algeria y Tunisia.⁽⁷³⁾

La limitante de ocupar esta ecuación es que, es un estudio que aún está en construcción y los espirómetros aún no lo consideran en sus opciones de ecuaciones de referencias dentro de sus softwares ⁽⁷³⁾

En base a lo mismo la GLI 2012 es una ecuación que se busca ocupar mundialmente, ya que la interpretación de los datos espirométricos en comparación al valor de referencia tiene un papel vital para el diagnóstico de patologías y para el tratamiento. La ATS y la ERS recomiendan el uso de NHANES III como ecuación de referencia en E.E.U.U. Mientras la GLI 2012 no se pone en uso mundialmente. ⁽⁸⁾

En el estudio de Gáldiz J. y cols. en 2013, plantean que los parámetros en las pruebas de función pulmonar presentan una gran variabilidad interindividual, que van a variar según las características antropométricas de los sujetos como son el sexo, edad, talla, peso y etnia. Además, menciona que si los individuos se encuentran fuera de los rangos de normalidad en edad y talla, el valor de referencia será incorrecto al usarse valores que no consideren estos factores. Es por esto, que plantean la GLI 2012 como una buena opción para calcular los valores de referencias espirométricos. Cabe señalar que para la misma talla y sexo, un año de diferencia altera el valor de referencia en 8,5% en los sujetos menores de 20 años. Vuelven a señalar la importancia de la talla en los valores de referencia. ⁽²⁹⁾

En este estudio se utilizarán los valores de referencia de Knudson. Basándonos en una encuesta que se realizó en los hospitales Barros Luco, San José y el Hospital Clínico de la Universidad de Chile (Anexo 7), como conclusión de esta encuesta se vio que en los hospitales de la región Metropolitana consultados se utilizan estos valores espirométricos.

Cabe destacar que en el Hospital Clínico Universidad de Chile y Hospital San José poseen el mismo espirómetro que se utilizará en esta investigación.

En el estudio de Vargas-Domínguez C. y cols. en 2011, plantean que la espirometría simple está menos estandarizada y los valores de referencia disponibles son insuficientes.⁽⁸³⁾ Siguiendo con la importancia de la espirometría debemos saber, ¿Por qué es tan utilizada la espirometría tanto en patologías, estudios y atención primaria? La respuesta es por su accesibilidad, es bien tolerada, tiene pocas limitaciones para su realización y porque sus resultados son reproducibles.^{(31) (83)}

La espirometría se conoce como el Gold Standard para evaluar la obstrucción, es por esta razón que en atención primaria de salud se utiliza en grandes proporciones para el diagnóstico del asma.⁽⁸³⁾

La utilidad de ocupar en este estudio la espirometría es utilizar una técnica estandarizada y reproducible para cuantificar la capacidad inspiratoria, que será nuestro valor a estudiar y ver en base a los cambios que realizará este valor, cuál será el funcionamiento de los músculos inspiratorios a distintas cargas respiratorias. Estas serán impuestas por medio de una válvula de carga umbral y podremos por medio de la EMGs ver cómo se comportan los músculos frente a las diferentes resistencias a las cuales se enfrentará el sujeto.

1.2.1.1 Consideraciones generales de espirometría

Algunas de las complicaciones que pueden ocurrir son episodios tusígenos, broncoespasmos, dolor torácico, mareos, incontinencia urinaria y aumento de la Presión Intracraneal (PIC).⁽³¹⁾ En caso de que ocurra alguna de estas situaciones es fundamental la experiencia del personal que está a cargo de la prueba.

Para realizar la espirometría debemos contar con un espacio físico donde podamos posicionar cómodamente al paciente. Además, que exista la posibilidad de movilizar una silla de ruedas, es por esto que las medidas recomendadas son mínimo 2 x 3 metros y las puertas de 120 centímetros de ancho. Este espacio debe ser tranquilo y debe permitir la colocación de una camilla, un sillón cómodo con apoyabrazos y un mueble para colocar los elementos necesarios y accesorios. Debemos contar con tallímetro y báscula, ambos certificados. Además, un termómetro ambiental, barómetro de mercurio e higrómetro.⁽³¹⁾
(35) (38)

Las recomendaciones previas al examen son: no debe llegar en ayunas al examen, no debe realizar ejercicio 30 minutos antes de la prueba, no debe fumar en la hora previa a la realización, se debe suspender el tratamiento broncodilatador según las horas indicadas para cada tipo. El tratamiento con corticoides no se debe suspender. En el caso de este estudio esto no se considerará, ya que estudiaremos a sujetos sanos. Todas las instrucciones deben ser entregadas previamente por escrito al paciente (Anexo 8). Es importante destacar que se necesita de su total cooperación para la realización de la prueba.⁽³¹⁾ (35)

El día de la prueba se debe medir al paciente descalzo y con la espalda apoyada en el tallímetro, se debe pesar con ropa ligera. Además, se preguntarán datos como fecha de

nacimiento, nombre, RUT y sexo. La persona que se realizará la espirometría debe permanecer sentado de 5 a 10 minutos antes de la prueba, es aquí cuando se le debe realizar una breve historia clínica y registrar los datos antes mencionados, se debe realizar una demostración de la prueba por parte del profesional. ⁽³⁵⁾ La posición para realizar el examen cuando se hayan cumplido todos los criterios anteriores es: encontrarse en posición sedente erguido, mirando al frente, sin cruzar las piernas y sin ropa ajustada, se debe utilizar pinza nasal y se debe verificar que el equipo se encuentre calibrado antes de la realización de la maniobra. ^{(31) (35)}

La Sociedad Española de Patología Respiratoria (SEPAR), recomienda la posición sedente durante la realización de la maniobra. ⁽⁷²⁾ Sin embargo, para la ATS la prueba se puede realizar tanto en la posición bípeda como sedente, estableciendo consigo que por medidas de seguridad la posición sedente será la de preferencia; tanto para la comodidad del sujeto y también para evitar mareos o caídas. En la posición decúbito supino, se debe tener en cuenta que los valores obtenidos pueden ser hasta un 10% menores que los que se realizan en sedente, especialmente en sujetos con patologías neuromuscular o diafragmática. ⁽¹⁵⁾

Se realizó un estudio para ver como influía la inclinación anterior de tronco en los resultados de la espirometría de sujetos sanos, se midió la actividad electromiográfica de los músculos respiratorios y se concluyó que la inclinación del tronco resulta en una menor movilización de aire, relacionada a una menor actividad electromiográfica; la cual puede ser corregida modificando las instrucciones verbales al momento de realizar la prueba. ⁽⁸⁴⁾

La maniobra que se realizará en este estudio es la espirometría simple o pasiva, ésta consiste en tres fases: la primera es respirar tranquilamente por la boquilla (VC), al menos

tres veces hasta que el volumen pulmonar sea estable al final de la espiración, en la segunda fase debe inspirar forzadamente hasta capacidad pulmonar total y concluimos con la tercera fase que es soplar lentamente (espirar) hasta volumen residual formando una meseta, debe durar mínimo un segundo. ⁽³¹⁾ ⁽⁸³⁾ Existe una alternativa que consiste en realizar una espiración lenta hasta volumen residual, antes de la inspiración hasta capacidad pulmonar total, esto facilita la maniobra en caso de atrapamiento aéreo, siempre debemos ocupar pinza nasal para evitar fugas. Se realizan tres maniobras separadas por un minuto. ⁽³¹⁾

Una revisión sistemática que propuso una actualización de las indicaciones que debe tener esta prueba indica que los sistemas cerrados son más fiables, precisos y exactos. Sin embargo, presentan un gran inconveniente al tener problemas para una correcta limpieza y esterilización. Mientras que los sistemas abiertos que utilizan un neumotacógrafo, son fáciles de limpiar. Por lo tanto, disminuyen el riesgo de contaminación. Son igual de eficaces que los anteriores, pero necesitan ser calibrados y comprobados cada vez que se requiera. ⁽³¹⁾

Independientemente del equipo que se utilice, estos deben cumplir con los requerimientos mínimos que son planteados y compartidos por la ATS y ERS ⁽¹⁹⁾ ⁽³¹⁾ ⁽³⁵⁾ ⁽⁶⁰⁾ ⁽⁶⁸⁾, que se indican a continuación:

- Volumen mínimo detectable de 30 ml.
- Una verificación de la precisión del volumen al día.
- Se recomienda una jeringa de calibración de 3 litros certificada.
- Esta jeringa de calibración debe tener una precisión de $\pm 0.5\%$ o ± 15 ml.

- La jeringa debe ser inyectada a través del dispositivo, a las menos tres veces con un rango de flujos entre 0,5 y 12 l/s (con tiempos de inyección entre 0,5 y 6 seg.)
- El volumen medido debe cumplir con la precisión de $\pm 3\%$ o 5 ml.
- Tener un tiempo cero de 0,25 seg, que permite valorar la extrapolación retrógrada.
- Registrar un volumen superior a 8 litros.
- La resistencia al flujo debe ser inferior a 1.5 cm H₂O/l/s.
- Si la temperatura cambia más de 5 °C en el día, el equipo se debe nuevamente calibrar.
- Deben permitir visualizar en la pantalla como mínimo la curva flujo/volumen para la correcta aceptabilidad de las mediciones en cada una de las maniobras.
- La limpieza del dispositivo debe seguir las recomendaciones del fabricante para asegurar las indicaciones en cuanto al control biológico del dispositivo.

Los principales errores son: problemas en la calibración del aparato, una mala preparación del sujeto, la finalización precoz de la espiración o la poca colaboración del sujeto. Todo esto afectará, dando como resultado una mala espirometría.⁽³¹⁾

Para realizar una espirometría tenemos una serie de contraindicaciones, las cuales se dividirán en absolutas y relativas. A continuación se nombraran algunas de estas contraindicaciones.

Contraindicaciones absolutas, se encuentran sujetos que presenten inestabilidad hemodinámica, hemoptisis aguda, infecciones respiratorias activas, infarto al miocardio hace menos de un mes, haber sufrido un embolismo pulmonar, haber tenido un neumotórax hace menos de un mes, haber tenido un desprendimiento de retina hace un mes, tener un aumento de la PIC, presentar angina inestable de pecho, tener un aneurisma

en la aorta torácica > a 6 cm. y por último tener un aneurisma cerebral complicado.^{(14) (31)}
(35)

Contraindicaciones relativas, en estas encontramos los niños menores de 6 años, pacientes sin orientación temporo-espacial, confundido o dementes, haberse sometido a cirugías torácicas/cerebral/abdominal/otorrinolaringológica/ojos u oídos recientes, presentar náuseas, vómitos, diarrea, presentar una crisis hipertensiva, tener problemas faciales o bucales los cuales le impidan un correcto uso de la boquilla, falta de colaboración o comprensión, dolor torácico sin causa conocida y por último presentar un embarazo avanzado o complicado.^{(14) (31) (35) (83)}

Todo lo mencionado anteriormente es regulado por la American Thoracic Society (ATS) y la European Respiratory Society (ERS) desde el año 1979.⁽³⁾

Al finalizar el examen se realiza un informe donde se registran los resultados que obtuvo el sujeto durante la maniobra. En los casos donde se monitorean enfermedades estos resultados serán los valores de referencia de la persona para su siguiente espirometría.

1.2.1.2 Espirómetros

Existen dos clases de espirómetros para la realización de esta prueba funcional, los cerrados y los abiertos, también conocidos como de volumen o flujo (neumotacómetros) respectivamente. Estos últimos son los más utilizados, ya que miden el flujo de aire mediante la diferencia de presión generada entre ambos extremos, integran la señal a través de un sistema computarizado y a partir de esto calcula el volumen.^{(31) (35)}

Estos sistemas utilizan un filtro respiratorio entre el sensor de flujo y la boca, actuando como un rectificador del flujo turbulento, convirtiéndolo en laminar justo después de pasar por el sensor. Lo que, provee una diferencia de presión que pasa al otro extremo de la resistencia de manera proporcional al flujo. La diferencia de presión se reflejará de manera positiva (expiración) o negativa (inspiración) y que se aprecian en la curva flujo-volumen. La presión es recogida por un transductor de presión y convertida en una señal eléctrica/digital. ⁽⁷⁷⁾

Los sensores conocidos como neumotacógrafo, consisten de una gran cantidad de pseudocapilares que forman una red por donde el flujo turbulento se regulariza, la diferencia de presión entregada por el sensor es derivada de la Ley de Poiseuille. Este sensor debe ser calibrado regularmente debido a las diferentes resistencias a las que puede ser sometido. ⁽⁷⁷⁾

1.3 Electromiografía

La electromiografía (EMG) es una técnica experimental que consiste en el desarrollo, registro y análisis de señales eléctricas del músculo, las cuales son variaciones en el estado fisiológico de las membranas de las fibras musculares. El foco de la kinesiología al utilizar EMG es estudiar la activación neuromuscular voluntaria de los músculos, todo esto mientras se realizan movimientos funcionales o alguna tarea postural en su condición de trabajo o para algún tratamiento. ⁽⁵⁰⁾

Los usos de la EMG son básicamente estudios fisiológicos y biomecánicos básicos. Tiene usos en la investigación médica, ergonomía, rehabilitación y en la ciencia del deporte. ⁽⁵⁰⁾

La EMG tiene diversos beneficios, entre ellos se encuentran: poder observar directamente cómo es el rendimiento del músculo y medir este rendimiento, ayuda a la toma de decisiones para cirugías, entre otras. ⁽⁵⁰⁾

Además, la EMG corresponde a la disciplina encargada de la detección, análisis y uso de las señales eléctricas emitidas por una contracción muscular. La dificultad en la detección de esta señal se debe a las propiedades fisiológicas y morfológicas de cada músculo, junto con las características de la instrumentación utilizada. Debemos considerar que el músculo presenta unidades motoras, las cuales permiten la contracción. La unidad motora corresponde a la unidad básica del músculo, compuesta por una motoneurona α y todas sus fibras inervadas. ⁽²⁰⁾

Los kinesiólogos son algunos de los usuarios más frecuentes de electromiografía, como se mencionó anteriormente, la utilizan como un método para observar la función o disfunción del sistema neuromuscular, teniendo una evolución constante por más de 50 años respecto a las formas de estudio e interpretación de datos. ⁽⁷⁹⁾

1.3.1 Electromiografía de superficie

Esta técnica permite examinar el potencial eléctrico de los músculos de una forma no invasiva. Evalúa el grado, la duración y las modificaciones de la actividad muscular que

es cuantificada a través de la señal electromiográfica, mediante la raíz cuadrada media (RMS).^{(57) (63)}

La EMGs es una técnica que se utiliza para detectar la actividad muscular voluntaria y va a evaluar el grado y duración de la actividad muscular, como se mencionó anteriormente. Cabe destacar que ya se han realizados estudios de EMGs en los músculos respiratorios en personas sanas, como señala el estudio de Oliveira A. M y cols. del año 2011.⁽⁶⁵⁾

Hug, en 2011, demostró que es posible evaluar las sinergias musculares a través de la electromiografía de superficie. Esto se debe a que existen patrones electromiográficos de activación muscular. Cuando estos patrones son similares es posible hablar de una sinergia muscular, distinguiendo el tiempo de activación y la amplitud de cada uno. Sin embargo, en aquel entonces éste seguía siendo un tema de discusión, debido a que no existía ni existe un consenso claro sobre la forma de interpretar la EMGs. En este caso en particular la sinergia a evaluar es la de los músculos respiratorios, principalmente diafragma e intercostales externos.⁽⁴⁵⁾ A través de esta técnica podemos observar, como se comporta la musculatura respiratoria en diferentes condiciones de salud, así como en personas sanas.^{(27) (48)}

1.3.2 Factores que influyen en la señal

Existen 5 factores que van a influir en la señal electromiográfica, estos son:

Características del tejido: el cuerpo humano va a ser un buen conductor eléctrico, pero la señal ira variando según el espesor del tejido, cambios fisiológicos y la temperatura.

⁽⁵⁰⁾

La diafonía fisiológica: el electrodo local puede captar la señal electromiográfica de músculos que se encuentren cercanos a el músculo que se busca medir por medio de la EMG. ⁽⁵⁰⁾

Los cambios en la distancia del origen de la señal y la detección de esta: un cambio en esta distancia puede provocar una alteración en la lectura de la EMG. ⁽⁵⁰⁾

Ruidos externos: se debe tener cuidado con los aparatos electrónicos que son muy ruidosos, ya que pueden interferir en la señal. ⁽⁵⁰⁾

Los electrodos y los amplificadores: el elegir un electrodo de calidad y el ruido interior del amplificador no debe superar los 5 Vrms según la norma Isek. ⁽⁵⁰⁾

Lo más importante para conseguir una buena señal es preparar correctamente la piel y que el electrodo quede bien posicionado. ⁽⁵⁰⁾

1.3.3 Amplitud

La amplitud electromiográfica se relaciona con la habilidad contráctil del músculo. Por lo tanto, si encontramos una baja amplitud electromiográfica significa que existe un bajo reclutamiento de unidades motoras. Es decir, una leve contracción. A medida que la contracción se vuelve más fuerte, existirá un mayor reclutamiento, por tanto mayor amplitud electromiográfica. ⁽²⁰⁾ (Anexo 9)

Sin embargo, esta puede verse influenciada por diversos factores como: la ubicación del electrodo, espesor del tejido subcutáneo, distribución de la velocidad de conducción

de las unidades motoras y el sistema utilizado para detectar la señal. Aun así, estos factores pueden minimizarse con la colocación adecuada de electrodos y un proceso estandarizado en cada medición. ⁽²⁵⁾

1.3.4 Recomendaciones de la SENIAM (Electromiografía de superficie para la evaluación no invasiva de músculos)

Aunque se han logrado observar grandes avances dentro de la EMGs, estos avances pueden verse condicionados por la forma en que se llevan a cabo los distintos protocolos, con el fin de lograr una mayor cooperación entre los distintos investigadores y una estandarización del método de estudio, con sus respectivas recomendaciones, aparece el SENIAM en 1966. ⁽⁴¹⁾

Recomendaciones:

Forma y tamaño de electrodo

La forma del electrodo no está bien definida por la SENIAM, pero en el estudio se debe especificar claramente el material y la forma del electrodo a utilizar. El tamaño del electrodo puede variar desde 1 mm y se recomienda que no sobrepase los 10 mm. ⁽⁴¹⁾

Distancia entre electrodos

Se recomienda que los electrodos bipolares estén ubicados uno de otro, a una distancia no mayor a 20 mm. ⁽⁴¹⁾

Material de los electrodos

El material del electrodo debe tener un buen contacto electrodo-piel, que se mantenga a través del tiempo, con una baja impedancia. Se recomienda el uso de electrodos Plata/Cloruro de Plata (Ag/AgCl) pre-gelificados. ⁽⁴¹⁾

Construcción del sensor

Se refiere a la construcción mecánica en la cual se integran cables, electrodos y si es posible un preamplificador. Se recomienda la utilización de cables livianos, con una distancia de electrodos fija. Para evitar artefactos de tracción es necesario el uso de cinta adhesiva de doble cara o una banda elástica. ⁽⁴¹⁾

El procedimiento de colocación del sensor

Un procedimiento de colocación de sensor para EMGs consiste una serie de pasos secuenciales:

1. Selección del sensor EMGs

Según las recomendaciones dadas anteriormente se debe elegir un sensor de EMGs bipolar, con la forma, tamaño, distancia entre electrodos, material y construcción adecuados. ⁽⁴¹⁾

2. Preparación de la piel

Se recomienda afeitar la zona donde se colocará el electrodo y limpiar la zona con alcohol, esperando que este se evapore para que así la piel esté seca al momento de colocar el electrodo. ⁽⁴¹⁾

3. Posicionar al paciente en una postura de partida

El sujeto tiene que ser colocado en una postura de partida que permite la determinación de la correcta ubicación del sensor en el músculo. A través de la palpación del músculo estudiado, es posible determinar la mejor ubicación de los electrodos. ⁽⁴¹⁾

4. Determinación de la ubicación del sensor

Luego de establecer la mejor postura del sujeto a estudiar, se puede definir y marcar la posición de los electrodos en el músculo, estos deben ser colocados donde haya una señal de EMGs estable y clara. ⁽⁴¹⁾

Con respecto a la ubicación longitudinal del sensor en el músculo esta debe ser en relación a la fibra muscular, se recomienda colocar el sensor a mitad de camino, entre la zona más distal de la placa motora y el tendón distal. Con respecto a la ubicación transversal del sensor en el músculo, se recomienda localizar el sensor lejos del "borde" con otras subdivisiones o músculos, de modo que se evalúe solamente el músculo que se desea. Sin registrar las señales cercanas de estas subdivisiones y/u otros músculos. ⁽⁴¹⁾

5. La colocación y fijación del sensor

Esto implica una elección de la orientación, el método de fijación y la ubicación del electrodo. La "orientación" se define como la posición de la línea entre los dos electrodos con respecto a la dirección de las fibras musculares. Se recomienda que los electrodos bipolares de EMGs se coloquen alrededor de la óptima ubicación del sensor, con la orientación paralela a las fibras musculares. Para que el electrodo esté fijado correctamente a la piel, se recomienda el uso de cinta doble cara o banda elástica. ⁽⁴¹⁾

1.3.5 Electrodo

Encontramos dos tipos de electrodos, uno de superficie y otro de aguja. Los superficiales pueden ser activos o pasivos. El pasivo consta de un conductor, que puede ser de metal, donde la señal se transmite a través de la interfase electrodo-piel. Por lo tanto, con el fin de eliminar la impedancia se debe preparar la piel limpiándola y agregando un gel conductor para mejorar la señal. Por otro lado, los electrodos activos poseen un amplificador de señal con el fin de eliminar los problemas de impedancia y preparación de la piel. ⁽²⁰⁾

En cuanto a los electrodos de aguja corresponden a aquellos que presentan una cánula con una aguja desnuda en la punta. La cual, permite evaluar un área pequeña de los músculos, es una medición más individual. Sin embargo, esta es invasiva lo que no nos permite reacomodar la aguja a un área diferente una vez hecha la inserción en el tejido muscular. Es de suma importancia el mantenimiento de estos. Por lo cual, no deben presentar residuos ni oxidación. ⁽²⁰⁾

Un estudio que proporciona una mirada a los aspectos técnicos de la electromiografía de superficie en la clínica, indica que los electrodos utilizados normalmente para la electromiografía de superficie son aquellos fabricados de una parte metálica en Ag-AgCl, los que deben estar cubiertos por un gel conductor y esté en contacto con la piel, la cual debe ser preparada con el fin de reducir la impedancia, una disminución de esta se traduce en una mejor señal electromiográfica, lo que se consigue frotando la piel con paños médicos abrasivos, reduciendo en hasta un 90% la impedancia. Además, este estudio indica que la limpieza de la piel con alcohol, éter o acetona solo reduce esta impedancia

en alrededor de un 45%.⁽⁴⁶⁾ Resultados similares se obtuvieron en una revisión sobre la electromiografía y su uso en el deporte.⁽⁵⁷⁾

Asimismo, una revisión sistemática que proporciona información acerca de la electromiografía de superficie, encontró que los electrodos más utilizados son aquellos que son fabricados de Ag/AgCl, cloruro de plata (AgCl), plata (Ag) o de oro (Au). Siendo los electrodos de de Ag/AgCl los preferidos, debido a que son no polarizables, siendo el potencial de superficie no tan sensible a los movimientos entre el electrodo y la piel. Además, estos electrodos presentan una interfaz altamente estable con la piel cuando se interpone solución de electrolitos (Por ejemplo gel.) entre la piel y el electrodo.⁽¹⁵⁾ En cuanto al tamaño de los electrodos, que varía en tamaño de algunos milímetros a algunos centímetros, dependerá del tamaño del músculo a evaluar. Electrodo pequeños (Aproximadamente 2 mm de diámetro.) permiten la colocación de varios en un solo músculo, cuando la actividad no es detectable con un solo par de electrodos. Para obtener la actividad de los músculos grandes, se buscan electrodos más grandes, (Aproximadamente 1 cm de diámetro o más grande.) por lo cual esta selección también depende del tamaño del músculo y el objetivo de la investigación.⁽¹⁴⁾ Esta misma investigación encontró que una adecuada preparación de la piel proporciona mejores registros electromiográficos, con bajo nivel de ruido. La adecuada limpieza asegura la eliminación de pelo, capas de piel escamosa y aceites. Esto reduce la impedancia. Los estudios de Bottin y Rebecchi, en 2002, indicaron que el uso de una solución abrasiva funciona mejor que el alcohol, tanto para reducir la impedancia como para minimizar las respuestas alérgicas. Sin embargo, concluyeron que previo a resultados, la mejor opción parece ser junto a la abrasión limpiar la piel con otra sustancia líquida, con el fin de obtener una mejor calidad en la señal electromiográfica.⁽¹⁵⁾

Otro estudio, donde se analizó la respuesta de los músculos respiratorios frente a carga incremental y registrada con EMGs en sujetos sanos, utilizó electrodos fabricados de Ag/AgCl, preparando la piel a través de la eliminación de impurezas que contaminen la señal, la que luego se limpió con alcohol para reducir aún más la impedancia. ⁽²⁷⁾

1.3.6 Posición de electrodos

La posición de los electrodos resulta fundamental para el correcto análisis de la señal electromiográfica obtenida a partir de la actividad eléctrica del músculo, existen diversos estudios que han propuesto ciertos puntos de referencia para la obtención de la mejor señal electromiográfica, la que se acompaña con mantener siempre los electrodos en el vientre muscular y en la dirección de la fibra. ^{(15) (27) (41) (59) (78)}

Un estudio inicial de Maarsingh y cols. describió los aspectos técnicos de la actividad de los músculos respiratorios, tanto en sujetos sanos como en sujetos con asma, utilizó como puntos de referencia para la evaluación del músculo intercostal y diafragma dos electrodos bilateralmente en la línea medio claviclar, en el margen costal. Dos electrodos bilateralmente en la parte posterior a la misma altura que los recién descritos, un electrodo en el segundo espacio intercostal derecho y otro en el izquierdo a 3 cms. paraesternal. Otro par, ubicados a 4 cms del ombligo (Uno al lado derecho y otro al lado izquierdo) y por último un electrodo tierra va en la altura del esternón, por ser la prominencia ósea más cercana. Tal y como se demuestra en la imagen. ⁽⁵⁶⁾ (Anexo 10), el cual es considerado un protocolo reproducible. ⁽²³⁾

Otro estudio, que examinó el efecto de la carga muscular inspiratoria en el músculo diafragma e intercostal a través de electromiografía de superficie, utilizó como punto de

referencia para el diafragma los espacios intercostales más caudales en el lado derecho del cuerpo, en la línea media clavicular. Y para los músculos intercostales externos, los electrodos se ubican en el quinto espacio intercostal en la línea axilar posterior. El electrodo de tierra o de referencia se ubica en la prominencia ósea más cercana, la que sería el esternón. La distancia de los electrodos utilizada no es más de 2 cms. y puestos en la misma dirección de la fibra. La confirmación del correcto posicionamiento se realizó mediante una inspiración profunda. ⁽⁴⁰⁾

Una revisión transversal acerca de los efectos agudos de la carga incremental inspiratoria utilizó para el músculo diafragma electrodos ubicados en el 7° u 8° espacio intercostal anterior entre la axila y la línea media clavicular. Para situar mejor el electrodo, se utilizó una inspiración profunda en conjunto con el análisis en la pantalla para determinar si está bien capturado. ⁽²⁷⁾

Esta misma ubicación fue utilizada por un estudio que analizó la posición torácica en los volúmenes inspiratorios a través de espirometría de incentivo y electromiografía de superficie en sujetos sanos, donde posicionaron un par de electrodos bipolares para el músculo diafragma en el 7° u 8° espacio intercostal anterior entre la axila y la línea media clavicular. Mientras que, para el músculo intercostal los electrodos se colocaron en el 2° o 3° espacio intercostal de la línea medio clavicular. Nuevamente se utilizó una respiración profunda para confirmar la correcta posición. ⁽⁸⁴⁾

Para el análisis de la musculatura intercostal externa, un estudio sobre la disnea en pacientes ventilados, también ubicó dos pares de electrodos bilateralmente entre el 2° y 3° espacio intercostal, cercano al esternón. ⁽⁵⁶⁾ (Anexo 10)

Con el fin de optimizar la obtención de datos y la reproducibilidad en el proceso de la EMGs se ha recomendado ubicar los electrodos cerca de las zonas de inervación muscular o bien en el vientre muscular. ⁽²⁴⁾

Como se mencionó anteriormente la SENIAM es la encargada de regular las metodologías para una correcta aplicación de la EMGs. Sin embargo, esta no presenta una estandarización a la hora de evaluar ECOM. Por lo tanto, hemos recurrido al protocolo utilizado por D. Falla (2002), con buenos resultados y confiable reproducibilidad. ⁽²⁴⁾

Para una correcta evaluación de la musculatura esternocleidomastoidea es necesario identificar la porción que vamos a evaluar, ya que este puede influir directamente en nuestros resultados. Al posicionar los electrodos se sugiere dibujar una línea desde el proceso mastoides a la escotadura esternal, posterior a esto marcamos el tercio inferior de la línea trazada, luego trazamos una marca perpendicular a la marca anterior del tercio inferior. Es sobre esta última línea donde podemos encontrar el vientre muscular. Por lo tanto, aquí se ubican los electrodos. ⁽²⁴⁾ (Anexo 11) Como se mencionó anteriormente debemos señalar si evaluaremos la porción esternal o clavicular, si corresponde a la esternal el electrodo va en la misma dirección que la primera línea trazada desde el proceso mastoides a la escotadura esternal. ⁽²⁴⁾ (Anexo 12) Por otro lado, si evaluásemos la clavicular el electrodo se ubicará posterior a la primera línea trazada. ⁽²⁴⁾ (Anexo 13) En este caso evaluaremos la porción esternal.

Para una correcta evaluación se recomienda que la posición del sujeto sea sedente y erguido, ya que en esta posición es donde se obtiene la mejor señal electromiográfica. ⁽²⁴⁾

1.3.7 Contaminación de la señal

Existen varios factores fisiológicos y externos, que pueden influir en la fuerza y la amplitud de la señal EMG, los principales son la diafonía, impedancia, los ruidos propios de los electrodos, los ruidos por movimientos de artefactos y los ruidos de artefactos electrocardiográficos (ECG).⁽¹⁶⁾⁽⁵⁹⁾ Para disminuir los ruidos producidos por el electrodo, es aconsejable utilizar electrodos de Ag/AgCl, ya que estos tienen una muy buena conducción de la señal eléctrica y poseen una buena relación señal-ruido.⁽¹⁶⁾

La diafonía se definió anteriormente como una interferencia en la señal creada por la actividad eléctrica de un músculo cercano. Los componentes principales que contribuyen al aumento de la diafonía son la cantidad de tejido graso del sujeto en estudio, debido a que aumenta la impedancia en la piel y la no homogeneidad de los tejidos. Sin embargo, ésta se puede disminuir con la correcta posición y distancia de los electrodos.⁽¹⁶⁾

Algunos estudios para disminuir la impedancia demostraron que el uso de abrasivo es mejor que el uso de alcohol, ya que facilita la conducción entre gel y electrodo junto con una disminución de reacciones alérgicas.⁽¹⁶⁾⁽⁴⁶⁾⁽⁵⁷⁾⁽⁵⁹⁾

Los ruidos de movimientos de artefactos están dados por la mala adhesión del electrodo con la piel, la tensión que hay en los cables de los electrodos, la mala preparación de la piel antes de colocar los electrodos, el movimiento de los cables sobre los electrodos, entre otros.⁽¹⁶⁾⁽⁵⁹⁾

Los ruidos ECG se producen por la actividad eléctrica del corazón, este factor es el principal causante de contaminación de la señal a nivel de la cintura escapular.⁽¹⁶⁾

1.3.8 Electromiografía y ciclo menstrual

Dentro de los factores a la hora de realizar una EMGs, se debe tener en cuenta el género y la edad de los sujetos de prueba, ya que existen estudios que muestran que se generan menores amplitudes y menor duración electromiográfica en mujeres y adultos mayores. ⁽³⁹⁾ En el caso del género femenino, se debe considerar si se encuentra en el ciclo menstrual. El ciclo menstrual puede influir en la tendencia hacia la fatiga de un músculo, ya que habría un vínculo entre el nivel hormonal y la laxitud de las articulaciones, junto con la capacidad para producir fuerza. Se observó que durante la primera semana de la fase folicular (primera semana del ciclo menstrual) y la segunda semana de la fase lútea (cuarta semana del ciclo menstrual), los niveles de estrógenos son menores. Los cuales, tienen efecto directo sobre la actividad muscular. Por otro lado, durante la última semana del ciclo menstrual los niveles de relaxina aumentan, lo cual debilita a los tendones. Es por todo lo mencionado anteriormente, que se debe considerar la etapa del ciclo menstrual a la hora de realizar una evaluación, ya que dependiendo de la fase el sujeto podría ser más propenso a la fatiga muscular. ⁽²⁾

MATERIAL Y MÉTODO

Nuestra investigación será una prueba piloto, no probabilística, por conveniencia, con enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal con el fin de recopilar datos de manera ordenada y sistemática. Analizando la literatura pre-existente; esta metodología nos llevará en una etapa posterior a poder describir las condiciones y variables involucradas, especificando las propiedades, características y perfiles de los sujetos en su contexto natural y específico. ⁽⁴⁴⁾ Siendo un estudio previo a estudios de mayor escala y complejidad.

El análisis será realizado a través del programa STATA, el cual es un programa computacional que permite administrar y analizar datos mediante la previa elaboración de una base de datos que contiene todas las variables a utilizar, ya sean nominales, ordinales o de intervalo. Una vez que se cuenta con la base de datos se procede a clasificar el análisis estadístico, el cual dependerá del número de variables a utilizar (univariados, bivariados o multivariados); estas clasificaciones permiten la introducción de comandos específicos según lo que se quiera observar y donde será el programa por lo tanto quien nos entregue la información. En este estudio, se utilizará para realizar análisis de regresión lineal para obtener estadísticas descriptivas fiables como desviación estándar y promedio de las variables.

La Facultad de Ciencias de la Rehabilitación de la Universidad Andrés Bello, edificio C-5 sede Casona de Las Condes, cuenta con la licencia del programa para ser utilizado en investigaciones, el que se encuentra a disposición de los estudiantes de mencionada casa de estudio en 3 computadores de la sala de computación del edificio anteriormente mencionado.

2.2 Selección de sujetos

Para determinar la inclusión de sujetos dentro del estudio se debe diferenciar mediante características etarias, género, nivel de actividad física, enfermedades pulmonares agudas y/o crónicas, los criterios de inclusión y exclusión.^{(27) (68) (82)} Sin embargo, como diversos estudios utilizan distintos parámetros, se deben establecer rangos que permitan seleccionar solo aquellas características que puedan ser útiles para el foco del proyecto de investigación.

Además, cabe considerar que la población chilena ha ido envejeciendo en mayor proporción, versus los nacimientos. Los cuales se mantienen en los mismos números al año 2010,⁽⁴⁷⁾ encontrándonos con que el mayor segmento de población adulta entre las edades de 18- 25 años (Anexo 14), las que a su vez son las que presentan los menores índices de patologías respiratorias.

Otro factor a considerar es que el VO_2 máx de los sujetos va aumentando desde el nacimiento según se va aumentando de peso. El máximo nivel de VO_2 se alcanza entre los 18-25 años, luego el VO_2 va disminuyendo gradualmente 10% por cada década tanto en mujeres como en hombres. Es fundamental considerar el nivel de VO_2 , porque este es un parámetro que mide la capacidad funcional de los sujetos. Su unidad de medida es $ml \times min^{-1}$. Los rangos normales de VO_2 para hombres son de 35-45 $ml/min/kg$ para mujeres de 30-40 $ml/min/kg$. Un aspecto que es importante considerar es que el VO_2 máx va a variar por factores como genética, edad, composición corporal, grado de entrenamiento y sexo.⁽⁵⁴⁾ Por esto, es que es fundamental definir nuestros criterios de inclusión y exclusión.

Se determinó utilizar sujetos sanos que pertenecen a la carrera de kinesiología de primer a cuarto año de la Universidad Nacional Andrés Bello, campus casona de Las Condes. Los sujetos deben tener una edad entre 18-25 años, un Índice de Masa Corporal (IMC) entre 18.5 - 24.9 Kg/M², que presenten función respiratoria normal (su historia clínica será analizada por una pauta de cotejo); los sujetos no deben realizar ejercicio programado más de 3 veces por semana, o presentar enfermedades cardiovasculares. ⁽³⁷⁾ Además, se deberá tener registro de signos vitales como saturación de oxígeno, presión arterial, ritmo cardiaco y respiratorio. Los cuales deben estar dentro de rangos normales. No se considerará como método de exclusión tanto el género, como la estatura de los sujetos. En este último caso, el sujeto debe estar descalzo y apoyarse en una pared para mantener el tronco erguido, con el fin de obtener la talla real.

2.3 Tamaño muestra

El espectro de estudiantes de primer a cuarto año de la carrera de Kinesiología, de la Universidad Andrés Bello sede Casona de Las Condes, representan un total aproximado de 800 estudiantes, los que a un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% obtenemos un valor aproximado de 260 sujetos, los que no son viables de realizar debido a la naturaleza del estudio y a los procedimientos que se llevarán a cabo en el tiempo que se ha propuesto. Además, debemos considerar que al ser una prueba piloto se seleccionará una muestra por conveniencia.

De un total de 156 encuestas realizadas, 46 sujetos resultaron seleccionados por cumplir con todos los criterios de inclusión y no poseer ningún criterio de exclusión. Mientras que 110 sujetos fueron rechazados por no cumplir los criterios de inclusión y tener 1 o más criterios de exclusión. Por lo cual, se realizará una prueba piloto con un N= 46 sujetos idealmente. Sin embargo, durante las mediciones realizadas solo asistieron 31

sujetos. Debido a un error en la recolección de datos espirométricos, el número total de sujetos para la investigación fue reducido a 13 (10 hombres y 3 mujeres).

2.4 Espacio físico

El lugar físico a utilizar debe contar con una medida de 2 x 3 metros mínimo, una puerta de 120 cm de ancho mínimo, camilla y silla con apoyabrazos que será estandarizada para todas las mediciones (Anexo 15), termómetro ambiental, barómetro de mercurio, higrómetro, tallímetros y báscula.^{(35) (38)} Las mediciones realizadas para este estudio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis de Movimiento Humano, de la UNAB sede Casona Las Condes, la cual supera las medidas mínimas mencionadas anteriormente.

2.5 Equipos

2.5.1 Espirometría

Se utilizará el equipo CPFS/D USB™ Medgraphicsspirometer (MGC Diagnostics), puesto que cumple con las especificaciones ATS Y ERS, está compuesto por el neumotacógrafo MedGraphicspreVent™, cuenta con jeringa de calibración de tres litros y el software para diagnóstico BREEZESUITE. Permite ver, registrar e imprimir informes directamente por su conexión vía USB a un computador de escritorio o portátil que debe ser utilizado solo para este fin. Permite la evaluación de la capacidad inspiratoria (CI) e incluye los valores predictivos de Knudson and cols. que son los escogidos en base a revisión bibliográfica^{(35) (36) (37) (38)} y mediante consulta telefónica/física en los centros hospitalarios de la Región Metropolitana. (Anexo 7) Además, cabe destacar que es un equipo certificado.

La espirometría será realizada por la Especialista en Kinesiología Respiratoria (DENAKE) Paola Figueroa, para todos los sujetos, con el fin de disminuir los sesgos.

2.5.2 Protocolo y ejecución para determinar la Capacidad Inspiratoria

La maniobra de espirometría pasiva se realizará según las recomendaciones de la ATS y ERS. Este procedimiento incluye la utilización obligatoria de pinza nasal, cuya maniobra se realiza mediante 3 fases: ^{(31) (35)}

Fase 1: Respirar tranquilamente por la boquilla (VC) durante cuatro ciclos respiratorios hasta que el volumen sea estable al final de la espiración (CRF). ^{(31) (35)}

Fase 2: Realizar una inspiración máxima hasta capacidad pulmonar total (CPT), la que debe durar 1 segundo y/o hasta que se logre una meseta en la curva flujo/volumen. ^{(31) (35)}

Fase 3: Eliminar el aire durante una espiración lenta hasta volumen residual. ^{(31) (35)}

Las instrucciones entregadas a los sujetos fueron las siguientes:

- 1.-Respire normal (4 ciclos).
- 2.-Bote todo el aire.
- 3.-Tome todo el aire.
- 4.-Respire.

Este mismo proceso debe ser ejecutado tres veces con una pausa de un minuto entre cada una de ellas. ^{(31) (35)} Las mediciones realizadas para este estudio fueron: un intento

basal y uno para cada carga impuesta, desde el 10% al 50% de la Pimax dependiendo el valor máximo evaluado.

Las siguientes descripciones acerca de la maniobra para la realización de pruebas espirométricas está basada en dos estudios que entregan información general de esta prueba funcional y que van en línea con las recomendaciones de la ATS y ERS. Donde se incluye una revisión sistemática de la espirometría, publicada por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR).^{(31) (35)}

2.5.3 Criterios de aceptabilidad

Para la espirometría simple se debe tener un inicio que sea rápido y sin interrupciones, la maniobra debe ser continua (observar curvas flujo/volumen y volumen/tiempo), la espiración debe ser prolongada, incitar al paciente a soplar aun cuando sienta que no sale aire, manteniéndola por lo menos seis segundos o que no presente una caída abrupta, la espiración es aceptable si se alcanza un “plateau” (meseta) en la curva volumen- tiempo.^{(31) (35)}

2.5.4 Principales errores^{(31) (35)}

- ✓ Falta verificación de datos ambientales o en la calibración del equipo.
- ✓ Deficiente preparación del sujeto.
- ✓ Incumplimiento de recomendaciones.
- ✓ Instrucciones erróneas por parte del operador del equipo.

- ✓ Término anticipado de la espiración, espiración excesiva, tos o cierre glótico durante el procedimiento o por una fuga de aire durante éste.
- ✓ Poca colaboración del sujeto, pese a indicar la importancia de esta.

2.5.5 Registro

Para la espirometría simple se anota la mejor maniobra con diferencia menor al 10% entre los dos mejores intentos.^{(31) (35)} Sin embargo, en esta medición se realizó un intento basal y uno por carga aplicada.

2.5.6 Higiene

El operador deberá realizar un correcto lavado de manos antes y después de cada sujeto, cambiar la boquilla al pasar al siguiente; desinfectar y esterilizar boquillas y pinzas nasales, así como cualquier instrumento que sea utilizado y haya estado en contacto con mucosas que puedan contener alguna infección (boca o nariz).^{(31) (35)}

2.6 *Electromiógrafo (EMG)*

El modelo del EMG es el DelsysBagnoli 16 EMG System, el cual está destinado a investigaciones, posee 16 canales, los cuales entregan señales fiables y sin problemas. El EMG va a producir señales de tipo aisladas, donde es importante destacar que la flecha del sensor del EMG debe ir en paralelo a la dirección de las fibras musculares. No se puede utilizar en caso de tratamientos y diagnóstico de enfermedades. Además, si su uso provoca irritación o molestia debe dejar de utilizarse inmediatamente.^{(20) (27)} (Anexo 16)

2.6.1 Tipos de Electrodo

Se utilizarán electrodos bipolares de 2 mm fabricados de Ag/AgCl que serán puestos en contacto con la piel a través de un gel transductor. La preparación de la piel consta de realizar una limpieza con paños médicos abrasivos para eliminar la mayor cantidad de células muertas en la epidermis (afeitar la zona en caso de ser necesario) y eliminar también contaminantes que esta pueda presentar. Luego se aplicará alcohol desnaturalizado, limpiando la zona con algodón hasta que se seque por sí sola. Esto permitirá disminuir la impedancia y obtener una mejor calidad en la señal electromiográfica. ^{(20) (40) (57)}

Los electrodos serán fijados mediante cinta doble cara o banda elástica según necesidad. ⁽⁵⁹⁾

2.6.2 Posición de Electrodo

Se replicará el protocolo descrito por Maarsingh y cols. en 2000, puesto que sus puntos de referencia han sido utilizados en otros estudios, ⁽⁵⁶⁾ es así como es considerado un método reproducible de la señal electromiográfica de la musculatura respiratoria. Esta posición será finalmente la misma que se observa en el Anexo 10 y profundizada en la sección de electromiografía de Marco Teórico. ^{(21) (27) (40) (56) (59) (76)}

Para la confirmación de la posición de los electrodos se solicitará una respiración profunda en conjunto con la observación de la máxima amplitud registrada en la pantalla del electromiógrafo. ⁽²⁷⁾

La electromiografía de superficie será realizada por el kinesiólogo experto del área Leonidas Arias, el cual procesará los resultados con el software MATLAB 2012 y eliminará los ruidos por medio de la técnica ICA.

2.6.3 Posición de los canales del electromiógrafo

Canal 1	Intercostal derecho
Canal 2	Intercostal izquierdo
Canal 3	Diafragma derecho por anterior
Canal 4	Diafragma izquierdo por anterior
Canal 5	Diafragma derecho por posterior
Canal 6	Diafragma izquierdo por posterior
Canal 7	ECOM derecho
Canal 8	ECOM izquierdo

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

2.7 Dispositivo de carga umbral

La presión inspiratoria máxima (Pimax) será medida con un manómetro Smiths Medical, según el procedimiento descrito por Fontes, en 2013, debido a que va en línea con las sugerencias ATS y ERS.⁽²⁷⁾ El valor obtenido, se utilizará para regular la carga incremental. Se realizará según un porcentaje de la presión inspiratoria máxima con una medición basal para posteriormente medir valores de 10, 20, 30, 40 y 50% incrementando

cada 2 minutos un 10% que será regulado a través del dispositivo umbral expresado en cm H₂O. ⁽³⁴⁾ ⁽⁴⁹⁾ ⁽⁶⁹⁾ Sin embargo, no todos los sujetos llegarán al 50% ya que existe una limitación en el valor máximo de la válvula, lo cual no permitirá a los sujetos con valores de Pimax basal alta completar el total de porcentajes a medir. La válvula va conectada directamente al neumotacógrafo con el fin de proporcionar la resistencia inspiratoria, según el protocolo descrito anteriormente al sujeto.

2.8 Posición de los sujetos

La posición por la comodidad y seguridad del sujeto, como también por su utilización en pruebas electromiográficas y espirométricas; será estandarizada para ambas pruebas de la siguiente forma. El sujeto debe estar sentado en la silla con apoyabrazos, con el respaldo vertical y la espalda recta mirando hacia delante, los pies deben mantenerse en contacto con el suelo (sin cruzar piernas). ⁽⁷²⁾ Las medidas de la silla utilizada fue la misma para todos los sujetos (Anexo 15).

2.9 Criterio de inclusión y exclusión

Estos procedimientos se llevarán a cabo por medio de una pauta de cotejo, con la cual seleccionaremos a los posibles sujetos (Anexo 16) y por medio de una hoja de recolección de datos. En esta se registrarán todos los resultados y se revisará que todos los aspectos para la realización de la prueba estén en orden. (Anexo 17) Además, a cada sujeto se le entregará un consentimiento informado (Anexo 18) y las instrucciones previas para realizar las mediciones; documentos que han sido validados ante la comisión de ética de la Universidad Andrés Bello.

2.9.1 Criterios Inclusión

CRITERIOS DE INCLUSIÓN SUJETOS
Estudiantes de Kinesiología de la Universidad Andrés Bello sede Casona de Las Condes.
Tener entre 18 a 25 años.
Encontrarse sano desde el punto de vista respiratorio. Es decir: <ul style="list-style-type: none">- Sin alteraciones torácicas anatómicas.⁽³⁷⁾- Sin infección respiratoria aguda durante el último mes.⁽³⁷⁾- Sensación de disnea y tos 24 horas previo a la medición.⁽³⁷⁾- Sin diagnóstico médico de asma bronquial, enfisema pulmonar, EPOC, bronquitis crónica, tuberculosis pulmonar, fibrosis pulmonar, cáncer bronquial o cirugía pulmonar.⁽³⁷⁾
Signos vitales estables. (PAM > 80 mmHg y < 120 mmHg, SpO ₂ >= 95%, FC entre 60 a 85 latidos por minutos, FR > 10 y < 20 respiraciones por minuto).
Se deben encontrar orientados temporo-espacialmente el día de la medición. (Evaluados mediante preguntas cortas como: saber el día, mes y año en que nos encontramos) ⁽³¹⁾
Registrar una presión inspiratoria máxima basal (Pimax basal) normal el día de la medición. ⁽⁷⁶⁾ (Anexo 19)

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

2.9.2 Criterios de Exclusión

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN SUJETOS
Tener dispositivos electrónicos implantados de cualquier tipo. ⁽⁴¹⁾
Tener la piel irritada o heridas en la piel en la región torácica. ⁽⁴¹⁾
Presentar alergia a metales, principalmente a la plata (Ag). ⁽⁴¹⁾
Ser deportistas de alto rendimiento (considerados como todo aquel que es seleccionado deportivo y realiza actividad física programada más de tres veces a la semana) ⁽¹⁴⁾
Haberse sometido a cirugías torácicas, abdominal, de ojos, oídos, cerebral u otorrinolaringológicas en cualquier etapa del ciclo vital. ^{(14) (35)}
Presentar diarrea, náuseas o vómitos 24 horas previo a la medición. ⁽³¹⁾
Presentar una crisis hipertensiva 24 horas previas a la medición. ⁽³¹⁾
Presentar hemoptisis aguda 24 horas previas a la medición. ⁽³¹⁾
Haber sufrido infarto, neumotórax o desprendimiento agudo de retina hace menos de 1 mes. ⁽³⁷⁾
Tener problemas faciales o bucales que impidan el adecuado uso de la boquilla del espirómetro. ⁽³⁵⁾
En el caso de las mujeres, estas no deben estar durante su ciclo menstrual o embarazadas. (A la hora de realizar las mediciones no se consideró la semana del ciclo menstrual en la que se encontraban.) ⁽²⁾
Ser fumador, considerado como fumador toda aquella persona que ha consumido a lo menos 1 cigarrillo en el último mes.
Presentar una enfermedad respiratoria aguda en las últimas 24 horas previas a la medición.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

Para cada actividad a realizar se ha construido una Carta Gantt, con el fin de regular los tiempos del proceso de la investigación (Anexo 20)

2.10 Materiales medición

MATERIALES PARA MEDICIÓN	
ESPIROMETRÍA	CANTIDAD
Espirómetro	1
Boquillas	2
Pinza nasal	4
Monitor	1
Computador	1
Mouse	1
Neumotacometro	1
Umbilical	1
Jeringa calibración 3 lts.	1
ELECTROMIOGRAFÍA	
Electromiógrafo DELSYS Bagnoli – 16 EMG Sytem	1
Electrodos bipolares de superficie	16
Gel	1
Monitor	1
Cinta doble contacto	3

Válvula Umbral	
Válvula Threshold	5
GENERALES	
Instrucciones	40
Consentimientos Informados	40
Corta cartón	1
Clips	50
Alargador	2
Alcohol	1 litro
Algodón	3 bolsas
Camilla	1
Sillas	10
Silla medición	1
Caja plástica	1
Presto barba	40
Tallímetro	1
Balanza	1
Basurero	1
Calculadora	1
Termómetro ambiental / Barómetro de mercurio / Higrómetro	1
Jabón	1
Lavamanos	1
Paños abrasivos	40

Manómetro Smiths Medical	1
Saturometro	1
Mango de presión	1
Fonendo	1

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

2.11 Normalización de datos electromiográficos

Con el fin de facilitar el análisis de los datos electromiográficos de los músculos evaluados se realizó el proceso de normalización de la señal, a través del software MatLab © versión 7.10.0.

De manera inicial se realizó un filtrado de las señales obtenidas a través de la técnica ICA, mediante el algoritmo FastICA, posteriormente se aplicó la transformada de Hilbert, dando como resultado la obtención de valores positivos de la señal, asignando el valor real de cada medición sin la interferencia de ruidos externos. Posteriormente se obtuvo la RMS para cada señal obtenida, con el fin de apreciar el umbral de activación muscular. Para finalizar se aplicó el suavizado con media móvil para homogenizar los valores peak de amplitud electromiográfica.

Posterior a lo descrito en el párrafo anterior, se seleccionó la señal electromiográfica presente durante el tiempo que duró la CI, de manera de tomar en cuenta solo la amplitud obtenida durante la variable espirométrica a observar.

Se pondero cada uno de los valores obtenidos durante la medición de los sujetos, obteniendo valores para los músculos evaluados. Es decir, diafragma, ECOM e intercostales, ya sea el valor basal como carga evaluada para cada uno sujetos de los diferentes grupos.

Si consideramos que cada sujeto tuvo diferentes valores de amplitud electromiográfica y duración del tiempo de contracción es imposible comparar un resultado con otro. Debido a lo anterior se realizó la normalización, la cual consiste en asignar porcentajes a los diversos valores obtenidos, siendo considerada la actividad basal (sin resistencia) el 100% con una regla de tres se logra obtener el porcentaje de variación en cada carga aplicada, respecto a su actividad basal. Por ejemplo, si la actividad basal de un sujeto fue 70 mVolt y al aplicar una carga del 10% de la Pimax su actividad electromiográfica aumento a 95 mVolt, ¿Cuánto fue el porcentaje de variación?

$$\begin{array}{l} \text{Se realiza la regla de tres:} \quad 70 = 100 \quad X = 95 * 100 / 70 \quad X = 135,7 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 95 = X \end{array}$$

Por lo tanto, el porcentaje de variación respecto al basal con una carga del 10% de la Pimax fue un 35,7%, facilitando de esta forma la comparación del comportamiento de los sujetos durante las distintas cargas aplicadas.

Es importante destacar que si bien lo anterior es un proceso simple, es de gran valor estratégico para la descripción de posibles patrones de comportamiento, permitiendo clasificarlos de acuerdo a los promedios para cada grupo muscular dependiendo de la carga máxima a la que llegaron los sujetos de estudio.

2.12 Normalización de datos espirométricos

En relación a este punto, es importante destacar que se consideró como variable espirométrica la CI. Cada uno de los valores espirométricos fue obtenido a través del espirómetro CPFS/D USB™ Medgraphicsspirometer al momento de realizar las pruebas.

Cada uno de los datos obtenidos se encontraban en unidad de Litros, al igual como se hizo anteriormente la actividad basal fue considerada el 100%. Por lo tanto, se ejecutó la misma acción que con los datos electromiográficos, en donde si consideramos como 100% los litros movilizados en la medición basal, el resto de los valores obtenidos durante los distintos niveles de carga, serán expresados en función de este valor.

Por ejemplo, si la CI basal de un sujeto fue 2,3 Litros y al aplicar una carga del 10% de la Pimax su CI aumento a 2,7 Litros, ¿Cuánto fue el porcentaje de variación?

Se realiza la regla de tres: $2,3 = 100$ $X = 2,7 * 100 / 2,3$ $X = 117,3$
 $2,7 = X$

Por lo tanto, el porcentaje de variación de la CI respecto al basal con una carga del 10% de la Pimax fue un 17,7%, facilitando de esta forma la comparación del comportamiento de los sujetos durante las distintas cargas aplicadas. Al igual como se mencionó anteriormente esta simple operación juega un papel estratégico para la descripción de posibles patrones de comportamiento, facilitando la descripción y análisis de los resultados.

2.13 Aspectos éticos de la investigación

Las investigaciones en Chile son reguladas por la Ley 20.120 sobre la investigación científica en el ser humano, y que establece las normas necesarias para salvaguardar los derecho y libertades esenciales que emanan de la naturaleza humana, la protección a la vida, integridad física y psíquica del individuo y su diversidad e identidad genética, que

son reconocidos tanto por la Constitución Política de la República, como por los tratados vigentes ratificados en Chile.

El objetivo de la realización de investigaciones de esta índole subyace en la necesidad de mejorar la prevención, diagnóstico, tratamiento, manejo y rehabilitación de la salud de las personas o de incrementar el conocimiento biológico del ser humano. En este aspecto toda investigación científica realizada con seres humanos deberá contar con el consentimiento previo, expreso, libre, informado, personal y por escrito de la persona. Se entiende por consentimiento informado al entendimiento alcanzado a través de un proceso de comunicación y formalización a través de un acta escrita, otorgada por la persona en quien se realizará la investigación o por su representante legal, en la cual se hace mención explícita al conocimiento que éste tiene acerca de los aspectos esenciales de la investigación, en especial su finalidad, los beneficios y riesgos potenciales y los procedimientos o tratamientos alternativos. El cual deberá constar en un acta firmada por la persona que ha de consentir en la investigación, por el investigador responsable o principal, en su caso, y por el director del centro o establecimiento donde ella se llevará a cabo, quien, además, actuará como ministro de fe. El director del centro o establecimiento podrá delegar la facultad de suscripción del acta donde conste el consentimiento informado y su actuación como ministro de fe.

Para el presente estudio, se requirió que cada participante firmara un consentimiento informado elaborado por los autores, con la debida aprobación del comité de ética de la Universidad Andrés Bello, el que tiene por responsabilidad esencial el proteger los derechos, la seguridad y el bienestar de los sujetos de investigación.

RESULTADOS

Un total de 31 sujetos participaron en el estudio (22 hombres y 9 mujeres). Sin embargo, tras la pérdida de datos ocurrida durante el procesamiento de señales, se obtuvo un N final de 13 sujetos (10 hombres correspondiente al 76,92% y 3 mujeres correspondiente al 23,08%). Se dividió la cantidad de sujetos en 3 grupos; el primero compuesto por 3 sujetos que corresponden al 23.07% que llegaron al 30% de la Pimax basal (medida previamente en la recolección de datos), el segundo por 9 correspondiente al 69.23% que alcanzaron el 40% de la Pimax basal y el tercero solo por un sujeto correspondiente al 7.7% que llegó al 50% de la Pimax basal.

SUJETOS	CARGA PIMAX	PIMAX REGISTRADA	% ALCANZADO
1	Basal	60	50%
	10% Pimax basal	6	
	20% Pimax basal	12	
	30% Pimax basal	18	
	40% Pimax basal	24	
	50% Pimax basal	30	
2	Basal	100	40%
	10% Pimax basal	10	
	20% Pimax basal	20	
	30% Pimax basal	30	
	40% Pimax basal	40	
	50% Pimax basal	50	
3	Basal	120	30%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	
4	Basal	120	30%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	
5	Basal	50	30%
	10% Pimax basal	5	
	20% Pimax basal	10	
	30% Pimax basal	15	
	40% Pimax basal	20	
	50% Pimax basal	25	

6	Basal	72	40%
	10% Pimax basal	7,2	
	20% Pimax basal	14,4	
	30% Pimax basal	21,6	
	40% Pimax basal	28,8	
	50% Pimax basal	36	
7	Basal	120	40%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	
8	Basal	103	40%
	10% Pimax basal	10,3	
	20% Pimax basal	20,6	
	30% Pimax basal	30,9	
	40% Pimax basal	41,2	
	50% Pimax basal	51,5	
9	Basal	120	40%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	
10	Basal	120	40%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	
11	Basal	115	40%
	10% Pimax basal	11,5	
	20% Pimax basal	23	
	30% Pimax basal	34,5	
	40% Pimax basal	46	
	50% Pimax basal	57,5	
12	Basal	120	40%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	

13	Basal	120	40%
	10% Pimax basal	12	
	20% Pimax basal	24	
	30% Pimax basal	36	
	40% Pimax basal	48	
	50% Pimax basal	60	

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

Sujeto	Edad	Talla (Mtrs)	Peso (Kg)	IMC (Kg/mtrs ²)
1	25	1,64	66	24,54
2	20	1,73	73	24,39
3	22	1,80	70,2	21,6
4	23	1,77	72,3	22,98
5	21	1,64	58	21,56
6	23	1,62	61	23,24
7	23	1,68	69	24,45
8	23	1,71	66	22,57
9	23	1,73	65,5	22,01
10	24	1,73	66	22,05
11	23	1,72	71	24
12	23	1,67	69	24,74
13	21	1,63	63	23,71
Promedio	22,6	1,69	66,92	23,21
DS	1.32	0,05	4,43	1,71

Tabla 1. Datos antropométricos de los sujetos de estudio.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

En la Tabla 1, se muestra la distribución etaria de los 13 sujetos de estudio. El total de los sujetos cumple con el criterio de inclusión de encontrarse entre los 18 a 25 años. Las edades van desde los 20 a 25 años, con un promedio de 22,6 años, moda de 23 años y DS de 1.32.

Los datos antropométricos para cada sujeto. En cuanto a la talla, va desde los 1,62 a 1,80 metros con una media de 1,69 metros y con una DS de 0,05. La moda corresponde a 1,73 metros. El Grupo 1 presenta un promedio de 1,73 metros, el Grupo 2 de 1,69 y el Grupo 3 de 1,64.

Por otro lado, en cuanto al peso encontramos valores desde 58 a 73 Kg. Con una media de 66,92 Kg y DS 4,43.

A su vez, se puede relacionar el peso y talla a través del IMC, donde al encontrarse con valores desde 21,56 a 24,74 Kg/mtrs² todos los sujetos cumplen con el criterio de inclusión para permanecer en el estudio. Con una media de 23,21 Kg/mtrs² y DS de 1,71. Para el Grupo 1 el promedio fue de 22,6 Kg/mtrs², Grupo 2 20,83 Kg/mtrs², y Grupo 3 24,54 Kg/mtrs².

El cálculo de los datos mencionados anteriormente fue realizado a través del programa STATA, como se mencionó en el apartado de material y método.

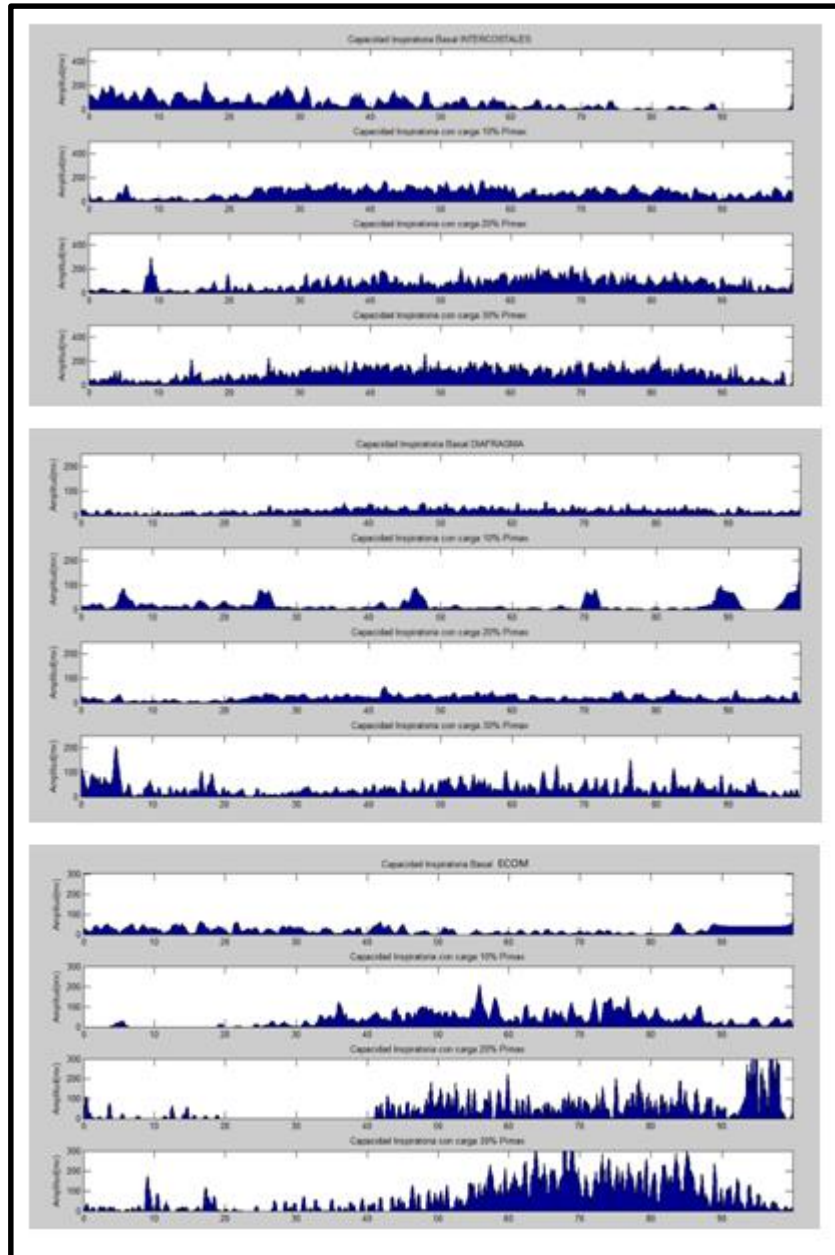


Imagen 1: Amplitud electromiográfica de intercostales, diafragma y ECOM respectivamente para el Grupo 1.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Eduardo Arias Poblete.

En la Imagen 1, representa la amplitud electromiográfica de intercostales, diafragma y ECOM para el Grupo 1. Para cada registro electromiográfico, en la parte superior se encuentra la actividad muscular basal y posteriormente se grafica cada carga impuesta. Se logra apreciar que tanto en intercostales, diafragma y ECOM que, a medida que aumenta la carga, mayor es la activación muscular (Espigas en azul).

Grupo 1					
	% carga	Basal	10%	20%	30%
INTERCOSTALES	% Amplitud	100	129	143	176
DIAFRAGMA		100	103	108	196
ECOM		100	93	258	360

Tabla 2. Muestra el porcentaje promedio de la amplitud electromiografía para cada grupo muscular según el porcentaje de carga aplicada en aquellos sujetos que llegaron al 30% de la Pimax.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

En la Tabla 2, se observa el promedio de la actividad electromiográfica expresada como porcentaje de la amplitud para el Grupo 1, quienes llegaron como máximo al 30% de la Pimax basal. Si se observa el comportamiento del diafragma, intercostales y ECOM su actividad basal es considerada el 100% de la amplitud. A medida que aumenta la carga, lo hace también la amplitud, presentando un comportamiento lineal. Para los 3 músculos

evaluados el peak de activación fue al 30% de la Pimax, con un aumento de la actividad de 76% respecto a la basal para intercostales, 96% para diafragma y 260% para ECOM.

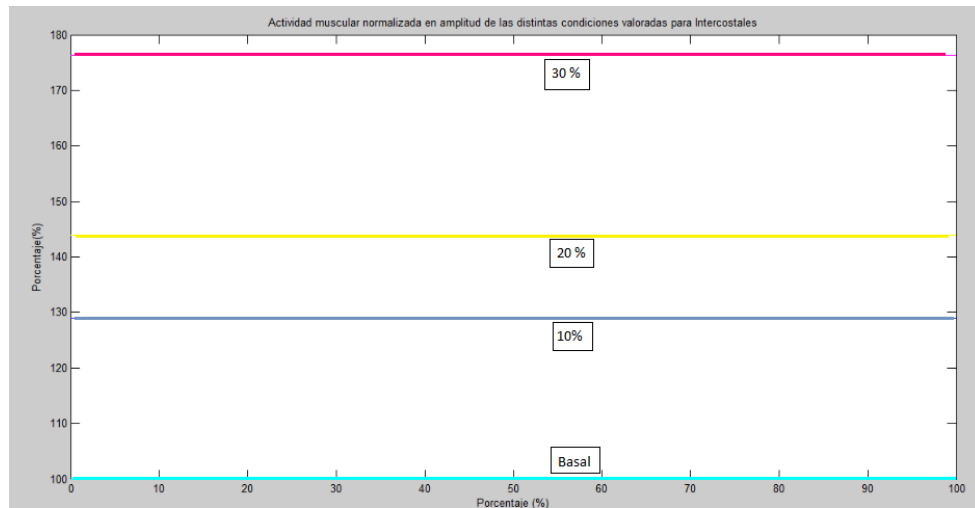


Gráfico 1. Normalización de datos electromiográficos de intercostales para el Grupo 1.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 1 muestra un peak de activación electromiográfico para intercostales al 30% de la Pimax basal, en el Grupo 1. Presenta un comportamiento lineal, aumentando aproximadamente un 29% su actividad electromiográfica con un 10% de carga. Al aplicarse una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 43%. Finalmente, al aplicar una carga del 30% la actividad electromiográfica logra aumentar un 76% respecto a la basal.

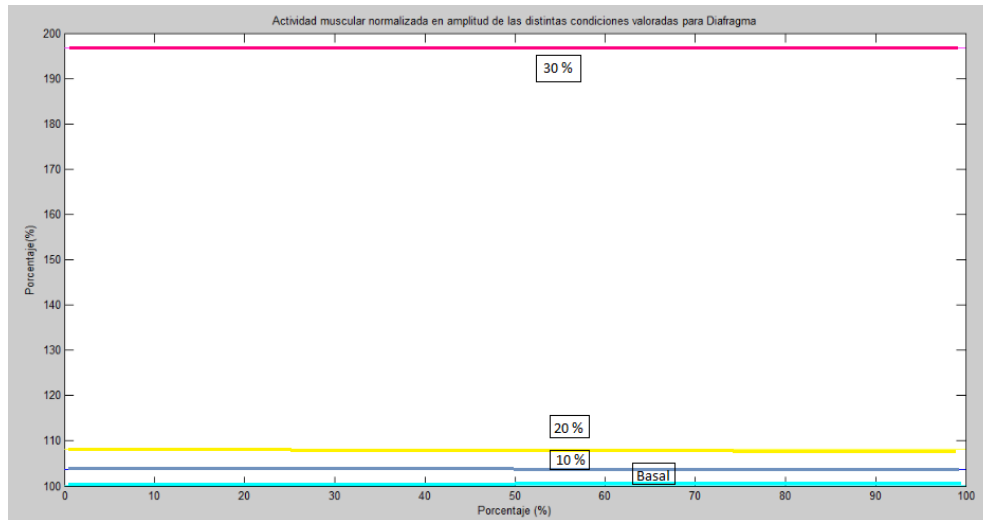


Gráfico 2. Normalización de datos electromiográficos de diafragma para el Grupo 1.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 2 muestra un peak de activación electromiográfico para el diafragma al 30% de la Pimax basal, en el Grupo 1. También presenta un comportamiento lineal, aumentando cerca de un 3% su actividad electromiográfica con una carga del 10%. Si se aplica una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 8%. Por último, con una carga del 30% la actividad electromiográfica logra aumentar un 96% respecto a la basal.

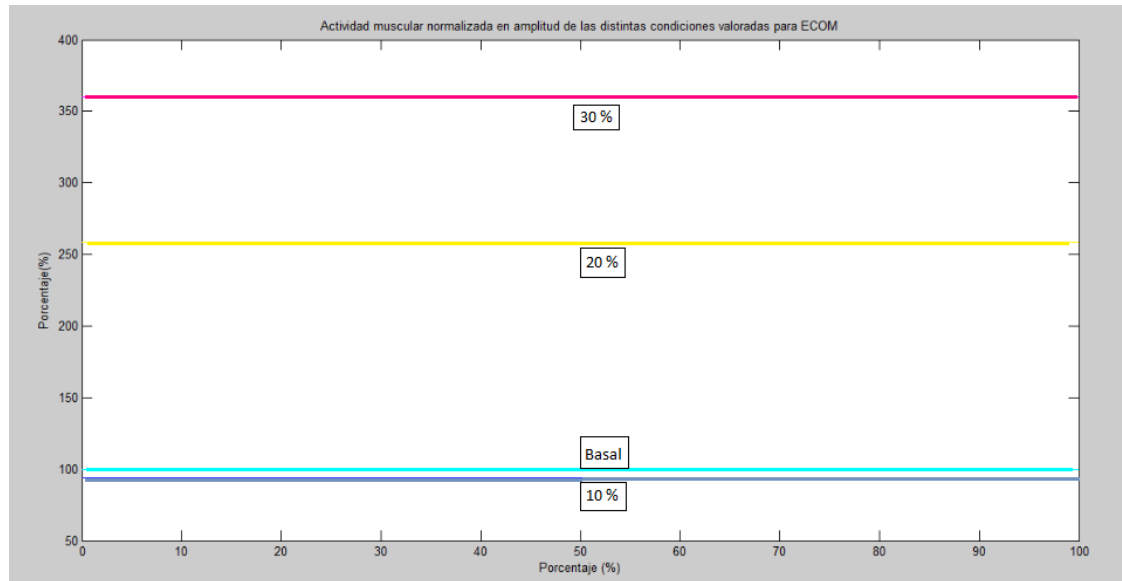


Gráfico 3. Normalización de datos electromiográficos de ECOM para el Grupo 1.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

Terminado con el Grupo 1, el ECOM también muestra un peak de activación electromiográfico al 30% de la Pimax basal. Sin embargo, no presenta un comportamiento lineal como los músculos anteriores. Disminuye cerca de un 7% su actividad electromiográfica con una carga del 10%. Por otro lado, a una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 158% al basal. Por último, con una carga del 30% la actividad electromiográfica logra aumentar un 260% respecto al basal.

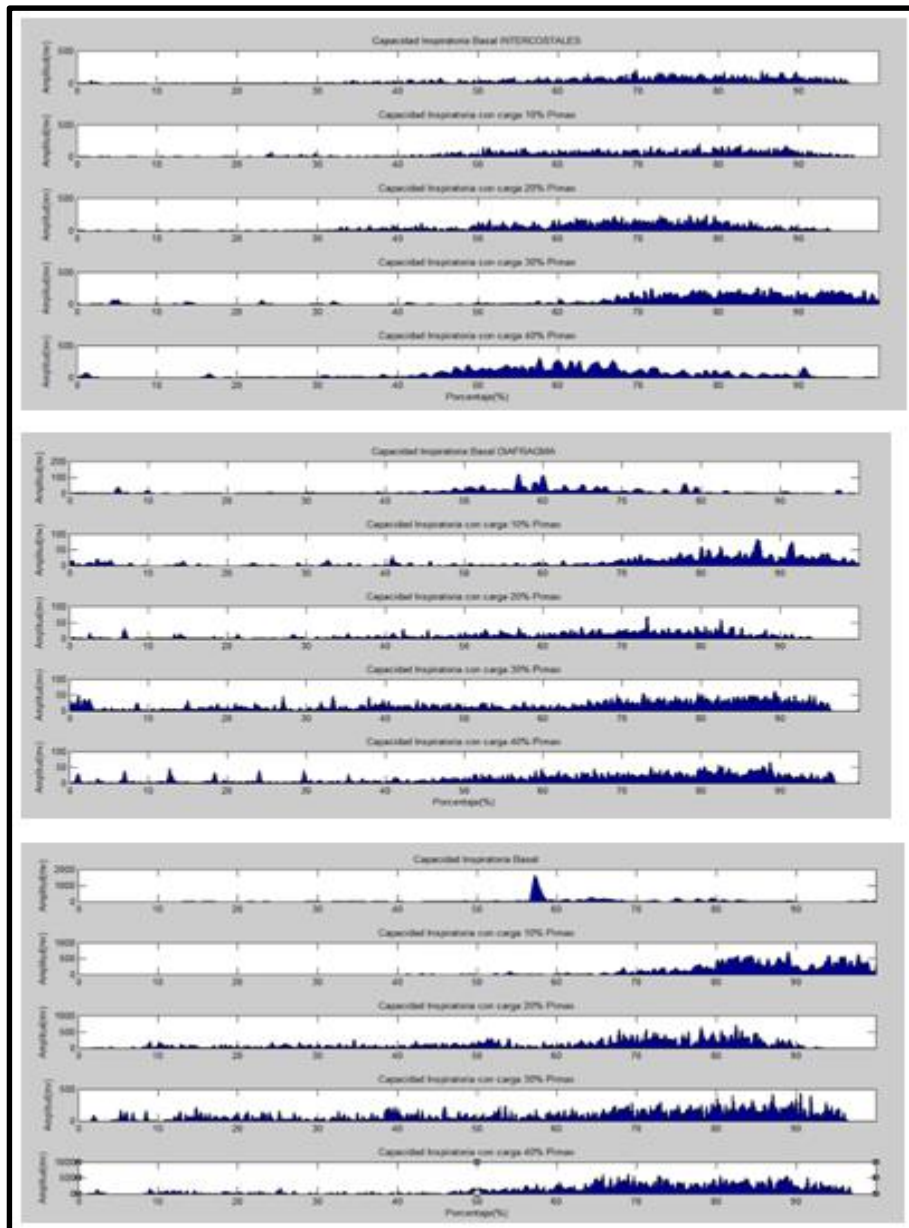


Imagen 2. Amplitud electromiográfica de intercostales, diafragma y ECOM respectivamente para el Grupo 2.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Eduardo Arias Poblete.

En la Imagen 2, se representa la amplitud electromiográfica de los músculos diafragma, intercostales y ECOM para el Grupo 2. Para cada registro electromiográfico, en la parte superior se encuentra la actividad muscular basal y posteriormente se grafica para cada carga impuesta. (Espigas en azul.)

Grupo 2						
	% carga	Basal	10%	20%	30%	40%
INTERCOSTALES	% Amplitud	100	100	106	140	144
DIAFRAGMA		100	90,5	78,2	144,7	129,6
ECOM		100	20,4	199,2	173,2	228,6

Tabla 3. Muestra el porcentaje promedio de la amplitud electromiografía para cada músculo evaluado según el porcentaje de carga para el Grupo 2

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

En la Tabla 3 se observa el promedio de la actividad electromiográfica expresada como porcentaje de la amplitud para el Grupo 2, quienes llegaron como máximo al 40% de la Pimax basal. Si se observa el comportamiento del diafragma, intercostales y ECOM su actividad basal es considerada el 100% de la amplitud. Para el músculo intercostal el aumento de carga tiene un comportamiento lineal con el porcentaje de la amplitud electromiográfica, si aumenta la carga, lo hace también la amplitud. Tanto para el músculo diafragma como ECOM, su comportamiento no es constante, donde a diferentes cargas obtenemos diferentes porcentajes de amplitud electromiográfica. Para el músculo intercostal su peak de activación fue al 40% de la Pimax con un aumento en el porcentaje respecto al basal de 44 %, para el músculo diafragma su peak fue al 30% de la Pimax con

un aumento del porcentaje de amplitud respecto al basal de 44.7% y para el músculo ECOM su peak fue al 40% de la Pimax con un aumento de porcentaje de amplitud respecto al basal de 128.5%.

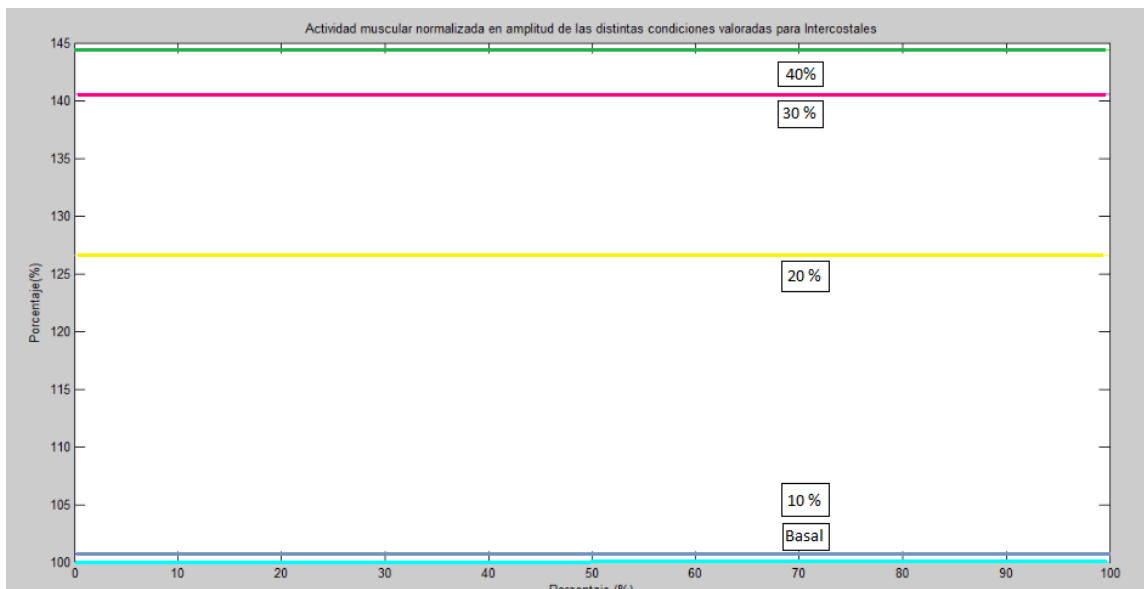


Gráfico 4. Normalización de datos electromiográficos de intercostales para el Grupo 2.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 4 muestra un peak de activación electromiográfico para intercostales al 40% de la Pimax basal, en el Grupo 2. Para este músculo se presenta un comportamiento lineal, sin embargo, a una carga del 10% ésta no presenta cambios significativos con respecto a la basal. Al aplicarse una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 26%. Al aplicar una carga de 30% su actividad aumenta aproximadamente un 40%. Finalmente, al aplicar una carga del 40% la actividad electromiográfica logra aumentar un 44% respecto a la basal, logrando su máxima activación.

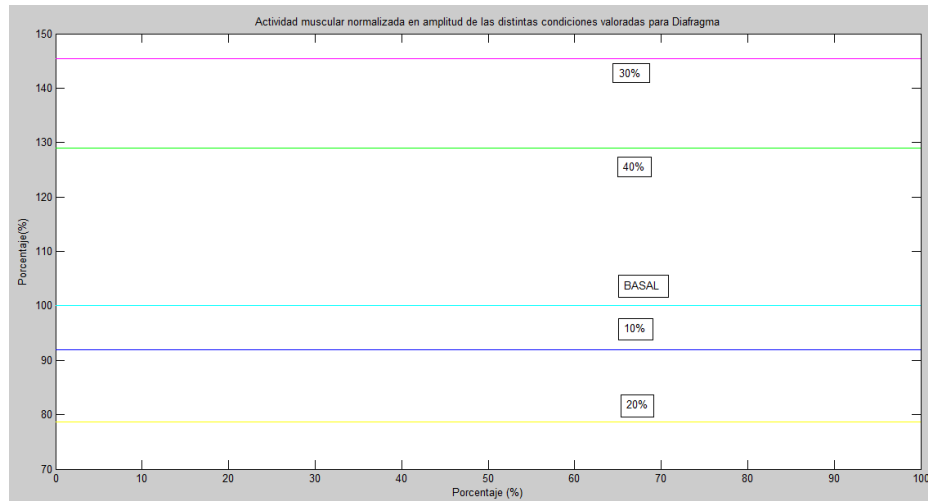


Gráfico 5. Normalización de datos electromiográficos del músculo diafragma para el Grupo 2.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 5 muestra un peak de activación electromiográfico para el músculo diafragma que ocurre al 30% de la Pimax basal, en el Grupo 2. Para este músculo se presenta un comportamiento no lineal, en el que a una carga del 10% esta disminuye aproximadamente un 9.5% con respecto a la basal. Al aplicarse una carga del 20% su actividad disminuye aproximadamente un 21%. Al aplicar una carga de 30% su actividad aumenta aproximadamente un 44.7%, aquí se encuentra el mayor porcentaje de variación. Finalmente, al aplicar una carga del 40% la actividad electromiográfica logra aumentar un 29.5% respecto a la basal, con menor actividad respecto a la producida con una carga de 30% de la Pimax.

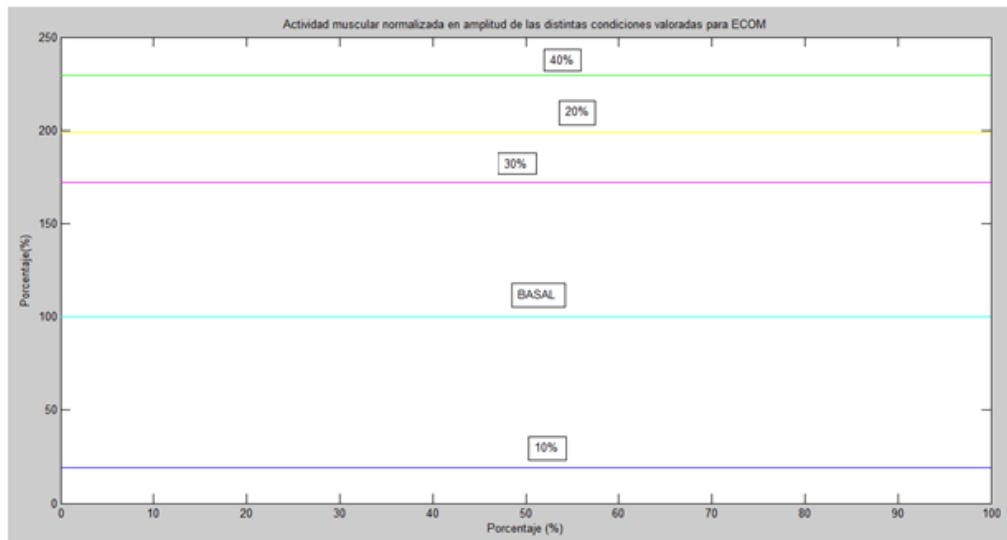


Gráfico 6. Normalización de datos electromiográficos del músculo ECOM para el Grupo 2.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 6 muestra un peak de activación electromiográfico para el músculo ECOM que ocurre al 40% de la Pimax basal, en el Grupo 2. Para este músculo se presenta un comportamiento no lineal, en el que a una carga del 10% esta disminuye aproximadamente un 79.7% con respecto a la basal. Al aplicarse una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 99.1%. Al aplicar una carga de 30% su actividad aumenta aproximadamente un 73.1%. Finalmente, al aplicar una carga del 40% la actividad electromiográfica logra aumentar un 128.5% respecto a la basal, encontrando el mayor porcentaje de variación en esta carga aplicada.

Grupo 3							
	% carga	Basal	10%	20%	30%	40%	50%
INTERCOSTALES	% Amplitud	100	100	110	120	122	151
DIAFRAGMA		100	144	146	400	254	250
ECOM		100	137	145	187	191	318

Tabla 4. Muestra el porcentaje promedio de la amplitud electromiografía para cada músculo evaluado según el porcentaje de carga para el Grupo 3

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

En la Tabla 4, se observa el promedio de la actividad electromiográfica expresada como porcentaje de la amplitud para el Grupo 3, cuyo sujeto llegó como máximo al 50% de la Pimax basal. Si se observa el comportamiento del diafragma, intercostales y ECOM su actividad basal es considerada el 100% de la amplitud. Para el músculo intercostal y ECOM el aumento de carga tiene un comportamiento lineal con el porcentaje de la amplitud electromiográfica, si aumenta la carga, lo hace también la amplitud. Mientras que el músculo diafragma tiene un comportamiento en forma de campana, donde existe un aumento progresivo del porcentaje de la amplitud electromiográfica en relación a la carga aplicada, hasta su peak que ocurre al 30%, para luego ir descendiendo conforme aumenta la carga. Para el músculo intercostal su peak de activación fue al 50% de la Pimax, con un aumento en el porcentaje respecto al basal de 51.0%, para el músculo diafragma su peak fue al 30% de la Pimax con un aumento en el porcentaje de amplitud respecto al basal de un 300% y para el músculo ECOM su peak fue al 50% de la Pimax con un aumento en el porcentaje de amplitud respecto al basal de 218%.

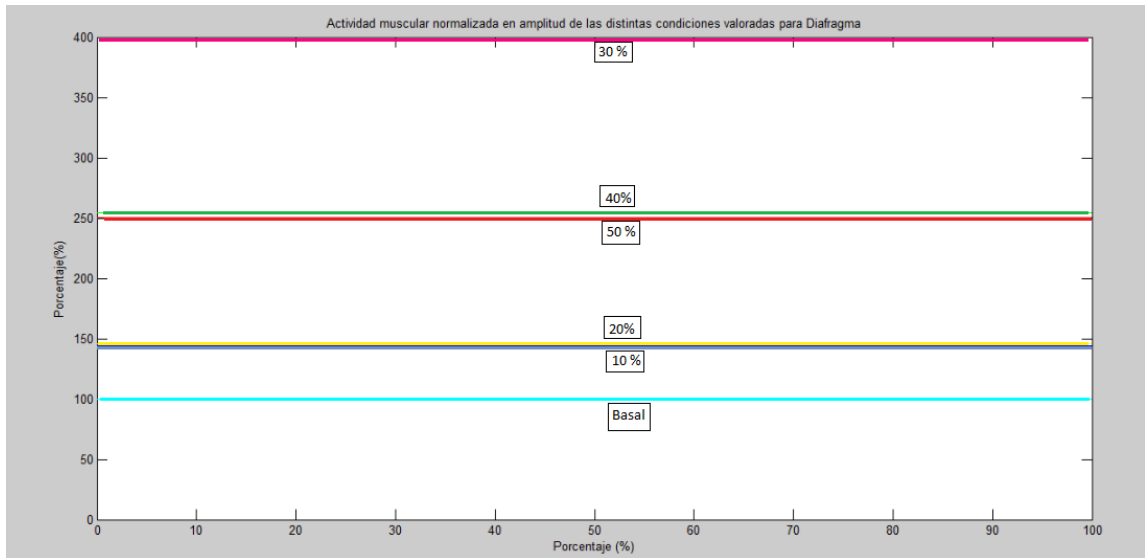


Gráfico 7. Normalización de datos electromiográficos del músculo Diafragma para el Grupo 3.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 7 muestra un peak de activación electromiográfico para el músculo diafragma que ocurre al 30% de la Pimax basal, en el Grupo 3. Para este musculo se presenta un comportamiento no lineal, con forma de campana en el que a una carga del 10% esta aumenta aproximadamente un 44% con respecto a la basal. Al aplicarse una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 46%. Al aplicar una carga de 30% su actividad aumenta aproximadamente un 300% respecto al basal, alcanzando su peak. Al aplicar una carga del 40% la actividad electromiográfica comienza a disminuir con respecto al peak pero logra aumentar un 154% respecto a la basal. Finalmente, con una carga del 50% la actividad electromiográfica continúa disminuyendo con respecto al peak, pero logra aumentar un 150% respecto a la basal

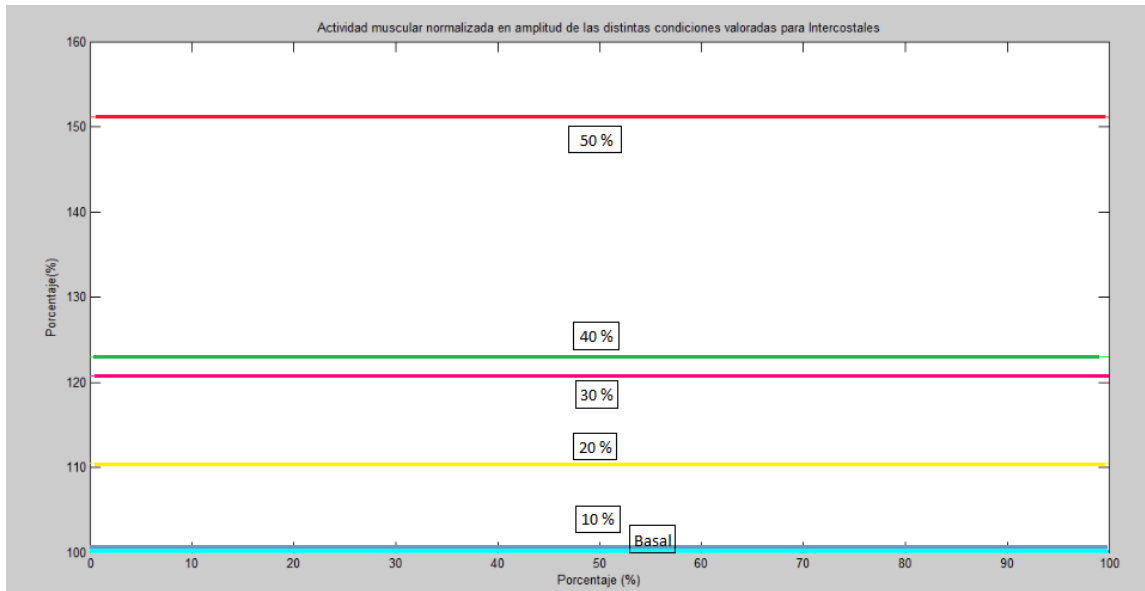


Gráfico 8. Normalización de datos electromiográficos del músculo Intercostal para el Grupo 3.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 8 muestra un peak de activación electromiográfico para el músculo Intercostal que ocurre al 50% de la Pimax basal, en el Grupo 3. Para este musculo se presenta un comportamiento lineal. Sin embargo, para una carga del 10% esta no presenta cambios significativos con respecto a la basal. Al aplicarse una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 10%. Al aplicar una carga de 30% su actividad aumenta aproximadamente un 20%. al aplicar una carga del 40% la actividad electromiográfica logra aumentar un 22% respecto a la basal. Finalmente, al aplicar una carga del 50% la actividad electromiográfica logra aumentar un 51% respecto a la basal

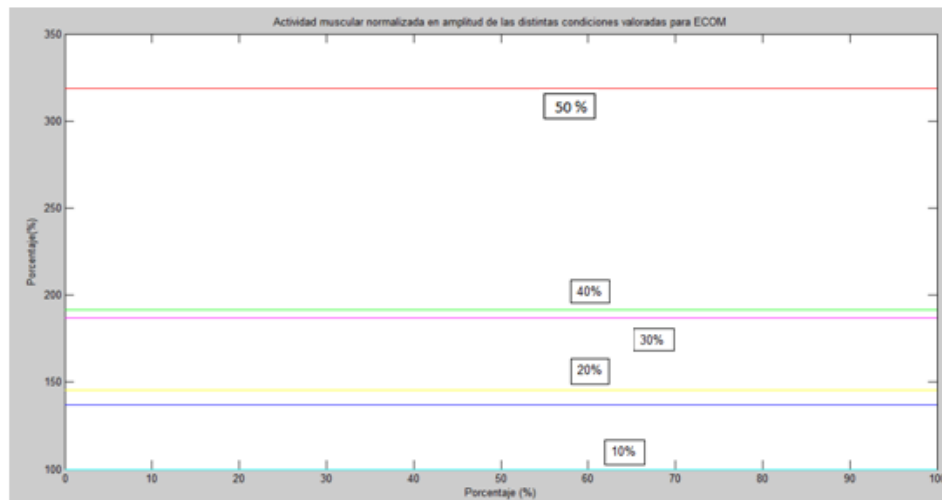


Gráfico 9. Normalización de datos electromiográficos del músculo ECOM para el Grupo 3.

Fuente: Kinesiólogo Leonidas Arias Poblete.

El Gráfico 9 muestra un peak de activación electromiográfica para el músculo ECOM que ocurre al 50% de la Pimax basal, en el Grupo 3. Para este músculo se presenta un comportamiento lineal. Para una carga del 10% aumenta aproximadamente un 37% con respecto a la basal. Al aplicarse una carga del 20% su actividad aumenta aproximadamente un 45% respecto a la basal. Al aplicar una carga de 30% su actividad aumenta aproximadamente un 87% respecto a la basal. Al aplicar una carga del 40% la actividad electromiográfica logra aumentar un 91% respecto a la basal. Finalmente, al aplicar una carga del 50% la actividad electromiográfica logra aumentar un 218% respecto a la basal.

Grupo 1					
	% carga	Basal	10%	20%	30%
INTERCOSTALES	DS Amplitud	0,0	7,5	6,6	10,5
DIAFRAGMA		0,0	6,2	101,0	7,2
ECOM		0,0	6,1	10,8	41,6

Tabla 5. Desviación estándar expresada en porcentaje de la amplitud electromiográfica para aquellos sujetos que llegaron al 30%.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015.

La Tabla 5 permite observar la DS expresada en porcentaje de la amplitud electromiográfica según la variación de intensidad en cada carga de los sujetos que conforman el Grupo 1, donde a una menor DS la concentración de datos obtenidos será mayor. Una carga del 10% la mayor variación se encuentra en los músculos intercostales, 7.55%. A una carga del 20% la mayor variación se encuentra en el músculo ECOM, 10.81%, lo que también se refleja al 30% con una variación de 41.58%. Las menores variaciones se encuentran respectivamente, al 10% en el músculo ECOM 6.083%, al 20% en el músculo intercostal y al 30% se encuentra en el músculo diafragma con un 7.21%.

Grupo 2						
	% carga	Basal	10%	20%	30%	40%
INTERCOSTALES	DS amplitud	0,0	10,9	8,5	6,9	10,4
DIAFRAGMA		0,0	9,2	8,5	6,9	10,4
ECOM		0,0	4,8	19,3	8,6	22,7

Tabla 6. Desviación estándar expresada en porcentaje de la amplitud electromiográfica para aquellos sujetos que llegaron al 40%.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

La Tabla 6 permite observar la DS expresada en porcentaje de la amplitud electromiográfica según la variación de intensidad en cada carga de los sujetos que conforman el Grupo 2, donde a una menor DS menor es la dispersión de datos, por lo cual la variación de la señal es mínima. Una carga del 10% la mayor variación se encuentra en los músculos intercostales, 10.89%. A una carga del 20% la mayor variación se encuentra en el músculo ECOM, 19.33%, lo que también se refleja al 30% con una variación de 8.57% y a una carga del 40% con 22.70%. Las menores variaciones se encuentran respectivamente, al 10% en el músculo ECOM 4.83%, Para una carga del 20%, 30% y 40% la menor variación ocurre de manera similar en el músculo intercostal y diafragma, con un 8.47%, 6.89% y 10.42% respectivamente para cada carga.

En el caso de la DS del Grupo 3, del sujeto que llegó 50% no se considera por ser solo un sujeto el que llegó a dicha carga.

Para la medición de la CI se consideraron los 3 grupos mencionados anteriormente. En primera instancia se realizó el mismo proceso de normalización con el fin de expresar el promedio en un porcentaje basal para la CI, considerando como 100% al volumen movilizado en litros sin aplicación de una resistencia. Posteriormente se realizó el mismo proceso para cada carga impuesta. Todo lo anterior tiene como finalidad facilitar el proceso de análisis de datos, que se llevará a cabo en la siguiente parte de la investigación.

Grupo 1				
% carga	Basal	10%	20%	30%
LITROS	2,7	3,5	3,3	2,7
% CI	100	126,8	122,7	97,9

Tabla 7. Promedio de litros y respectivo porcentaje para sujetos del Grupo 1

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

La Tabla 7 refleja en la segunda columna azul como la movilización de volumen de la CI expresada en porcentaje, va a presentar un aumento a menores cargas de trabajo, encontrando su peak al 10%, disminuyendo si se aumenta la carga respecto al valor obtenido al 20%. Tal es la disminución que a cargas del 30% moviliza volúmenes inferiores al basal. La máxima movilización de volumen ocurre al 10% con 3.45 ltrs, lo que representa un aumento de 26.83% con respecto al basal. La menor movilización de volumen ocurre a una carga del 30% con 2.66 ltrs, lo que representa una disminución aproximadamente un 2.1% con respecto al basal.

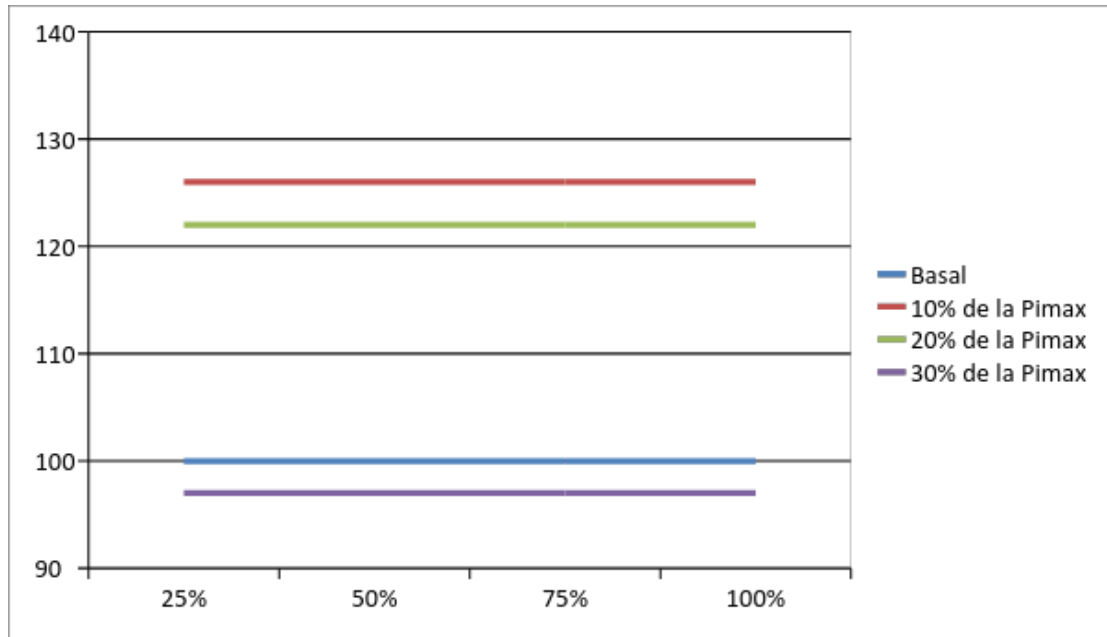


Gráfico 9. Normalización de datos espirométricos expresados en porcentaje de la capacidad inspiratoria para el Grupo 1.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 9 muestra los datos espirométricos normalizados del Grupo 1. Se presentan mayores valores de CI a menores cargas de trabajo impuesta. Encontramos el mayor valor espirométrico con una resistencia del 10% de la Pimax, con una disminución del 4% en la CI al aplicar una resistencia del 20% respecto al valor obtenido con una carga del 10% y con valores bajo el basal si se presenta una resistencia del 30%.

Grupo 2					
% carga	Basal	10%	20%	30%	40%
LITROS	2,5	3,1	2,8	2,7	2,7
% CI	100	121,4	112,5	107,8	105,6

Tabla 8. Promedio de litros y respectivo porcentaje para sujetos del Grupo 2

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

En la Tabla 8 se refleja en la segunda columna verde como la movilización de volumen de la CI expresada en porcentaje se comporta según cada carga aplicada. La máxima movilización de volumen ocurre a una carga del 10% con 3.05 ltrs, lo que representa un aumento de 21.39% con respecto al basal. Posteriormente la movilización de volumen decrece de manera proporcional con el aumento de carga. A una carga del 20% se moviliza 2.82 ltrs, al 30% se moviliza 2.71 ltrs y a una carga del 40% se moviliza 2.65%, lo que representa una disminución respecto al basal que va desde un 12.55%, 7.82% y 5.61% respectivamente.

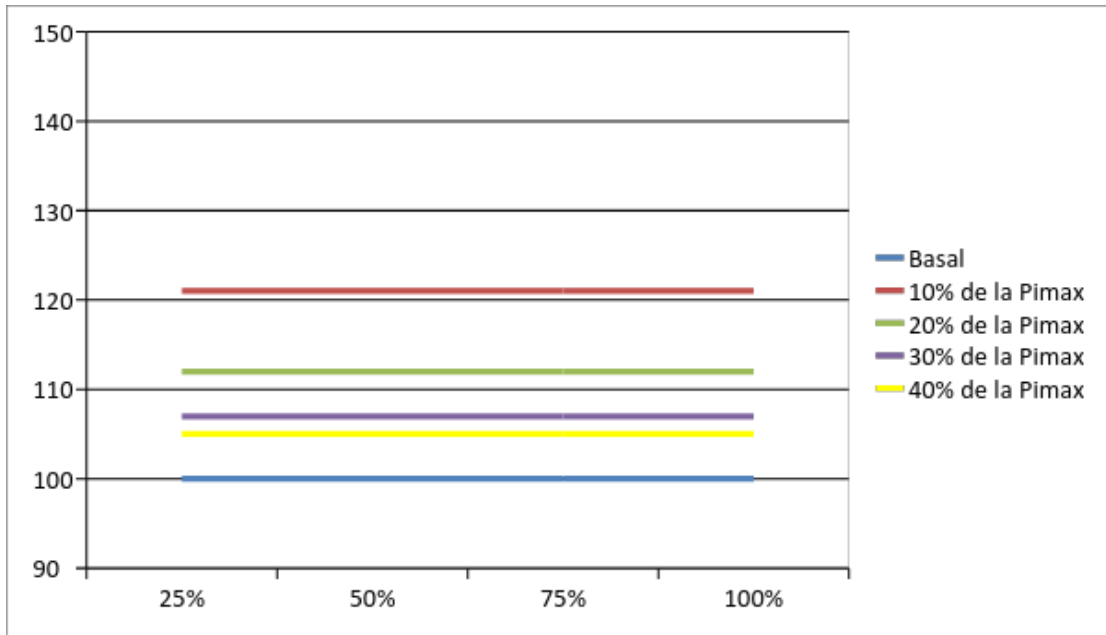


Gráfico 10. Normalización de datos espirométricos expresados en porcentaje de la capacidad inspiratoria para el Grupo 2

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 10, muestra los datos espirométricos normalizados del Grupo 2. En cuanto al Grupo 2 su peak de CI también se encuentra al 10% de la Pimax con una disminución lineal a medida que aumenta la resistencia impuesta, a diferencia del grupo anterior aquí no se encuentran valores bajo el basal.

Grupo 3						
% carga	Basal	10%	20%	30%	40%	50%
LITROS	1,9	1,5	1,8	1,7	2,2	2,0
% CI	100,0	81,0	93,6	91,5	116,3	107,4

Tabla 9. Promedio de litros y respectivo porcentaje para sujetos del Grupo 3

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

La Tabla 9 refleja en la segunda columna rosada, como la movilización de volumen de la CI expresada en porcentaje se comporta según cada carga aplicada de los sujetos del grupo 3. La máxima movilización de volumen ocurre a una carga del 40% con 2.21 ltrs, lo que representa un aumento de 16.31% con respecto al basal. La movilización de volumen aumenta de manera no proporcional con el aumento de carga hasta alcanzar su peak al 40%. A una carga del 10% se moviliza 1,54 ltrs, al 20% se moviliza 1.78 ltrs y a una carga del 30% se moviliza 1.74%, lo que representa una disminución respecto al basal que va desde -18.05%, -3.31% y -8.42% respectivamente. Se prosigue con el peak a una carga del 40% con 2.21 ltrs, lo que representa un aumento de 16.31% con respecto al basal. El que disminuye nuevamente a partir de una carga del 50% con una movilización de volumen de 2.04 ltrs que representa un aumento de 7.36% con respecto al basal y una disminución de volumen de 0.17 ltrs que representa una disminución de 8.33%.

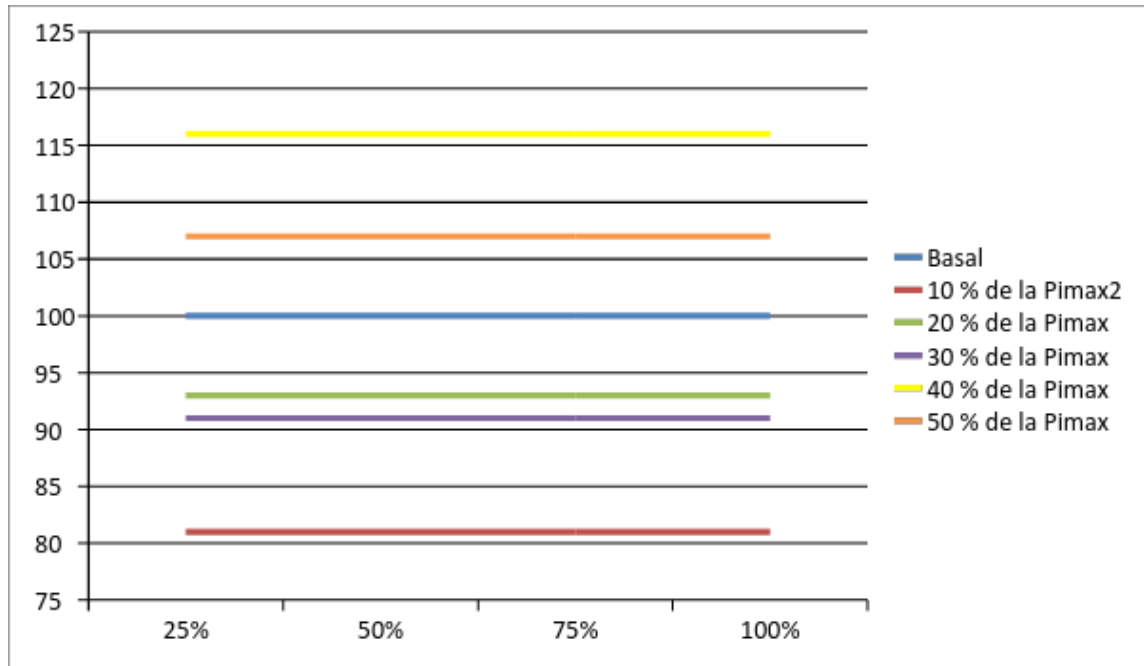


Gráfico 11. Normalización de datos espirométricos expresados en porcentaje de la capacidad inspiratoria para el Grupo 3

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 11 muestra los datos espirométricos normalizados del Grupo 3. Aquí podemos apreciar que el sujeto que llegó al 50% se comporta de una manera totalmente diferente, ya que su mayor valor de CI ocurrió con una resistencia del 40% de la Pimax, con una disminución del 9% al aplicar una carga del 50%; presenta valores de CI inferiores al basal al aplicarse las cargas de 10, 20 y 30% de la Pimax.

Grupo 1					
DS	% carga	Basal	10%	20%	30%
	LITROS	1,1	0,3	0,5	0,6
	% DS	13,1	25,5	17,2	6,4

Tabla 10. Desviación estándar de la movilización de volumen de la capacidad inspiratoria expresada en litros y su respectivo porcentaje para sujetos del Grupo 1.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

La Tabla 10 permite observar la DS de la movilización de volumen de la capacidad inspiratoria según la carga aplicada en los sujetos que conforman el Grupo 1, donde a una menor DS menor es la dispersión de datos. La DS aumenta según aumenta la carga aplicada. Encontrándose la mayor DS al 30% con una DS de 0.586.

Grupo 2						
DS	% carga	Basal	10%	20%	30%	40%
	LITROS	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
	% CI	17,4	29,7	23,2	21,8	21,9

Tabla 11. Desviación estándar de la movilización de volumen de la capacidad inspiratoria expresada en litros y su respectivo porcentaje para sujetos del Grupo 2

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

La Tabla 11 permite observar la DS de la movilización de volumen de la Capacidad Inspiratoria según la carga aplicada en los sujetos que conforman el Grupo 1, donde a una menor DS disminuye la dispersión de datos. La DS aumenta según mayor sea la carga aplicada, obteniendo el peak dispersión en la mayor carga. Luego se comporta de manera no proporcional a la carga aplicada. La mayor DS ocurre al 20% con una DS de 0.946.

Amplitud / Capacidad Inspiratoria Sujetos Grupo 1

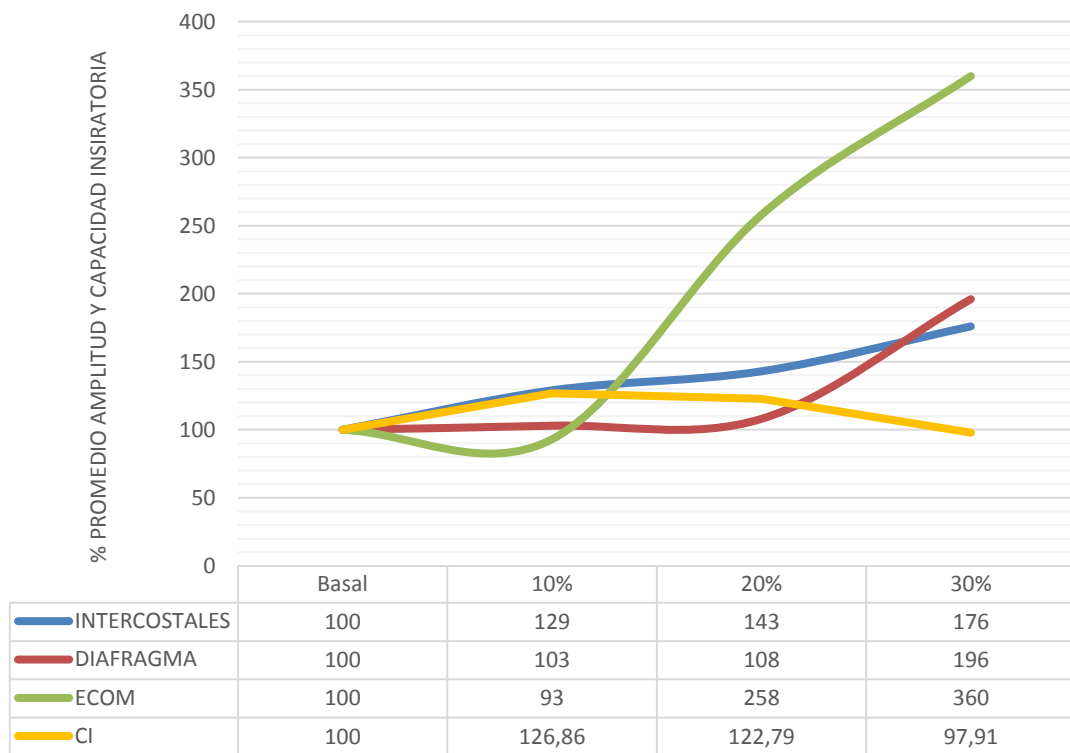


Gráfico 12: Relación entre porcentaje promedio del volumen de la CI y la amplitud para el Grupo 1.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 12 muestra cómo se comporta el porcentaje promedio de la amplitud electromiográfica a través de las distintas cargas aplicadas, en relación al porcentaje promedio de la Capacidad Inspiratoria para el Grupo 1. Se encuentra una relación inversamente proporcional entre la amplitud y la CI. Para el músculo intercostal, su mayor valor de amplitud se correlaciona con el menor valor espirométrico al alcanzar cargas más altas. Para el músculo diafragma su amplitud electromiográfica se mantiene estable a menores cargas pero con mayores volúmenes que aumenta al pasar el 20% de carga con su peak al 30%, con un menor volumen espirométrico. Para el músculo ECOM, su amplitud aumenta a menores valores espirométricos.

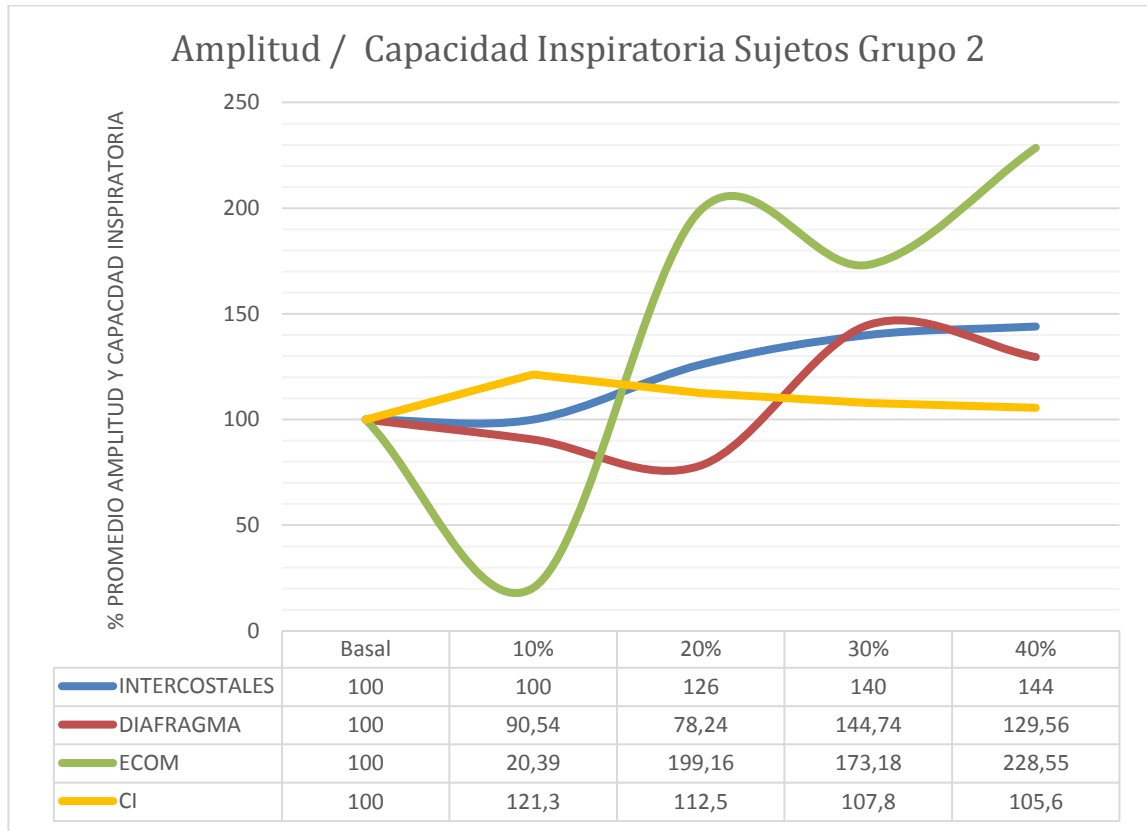


Gráfico 13: Relación entre porcentaje promedio del volumen de la CI y la amplitud para el Grupo 2.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 13 muestra la relación entre la relación existente entre la CI y la amplitud electromiográfica según cada carga que fue aplicada, se aprecia un comportamiento lineal en el caso de intercostales se ve un comportamiento inversamente proporcional, ya que a valores mayores espirométricos se observa una menor amplitud electromiográfica y a menor valor espirométrico mayor fue la actividad electromiográfica. En el caso del ECOM este comportamiento no es tan marcado, pero de igual manera el mayor valor

espirométrico se correlaciona con la menor amplitud electromiográfica y el menor valor espirométrico con la mayor amplitud. En el caso del diafragma no coinciden estos puntos, ya que su comportamiento en la gráfica muestra la mayor amplitud electromiográfica antes de alcanzar el valor mínimo de la espirometría, ni se relaciona el menor valor electromiográfico con el mayor espirométrico.

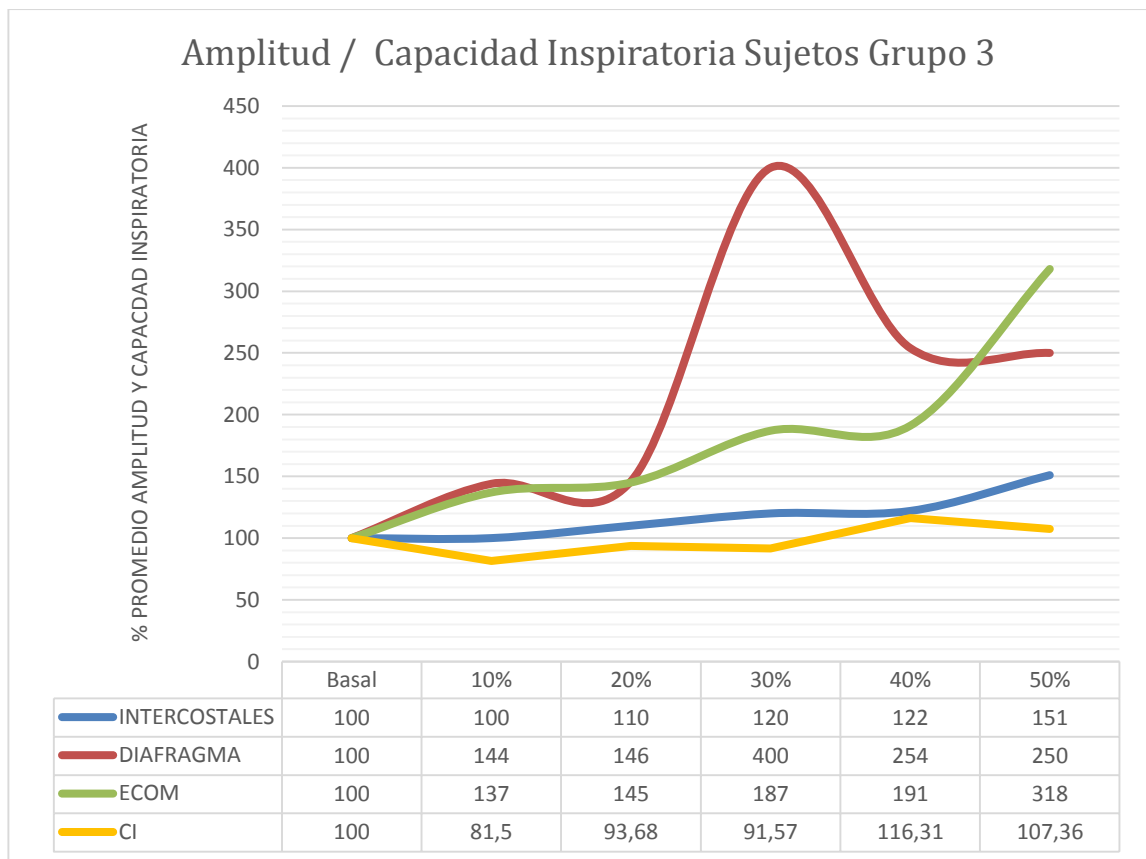


Gráfico 14: Relación entre porcentaje promedio del volumen de la CI y la amplitud para el Grupo 3.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

En el Gráfico 14 se representa el comportamiento del sujeto del Grupo 3, el cual es completamente distinto al comportamiento de los grupos anteriores. En el caso de intercostales y ECOM su comportamiento es lineal ya que a medida que aumenta el volumen movilizado, aumenta la amplitud electromiográfica, totalmente lo contrario a lo ocurrido anteriormente. Si se observa el diafragma se logra apreciar un comportamiento lineal que alcanza su peak al tercer valor espirométrico más alto para luego descender en amplitud pero aumentar en valor espirométrico.

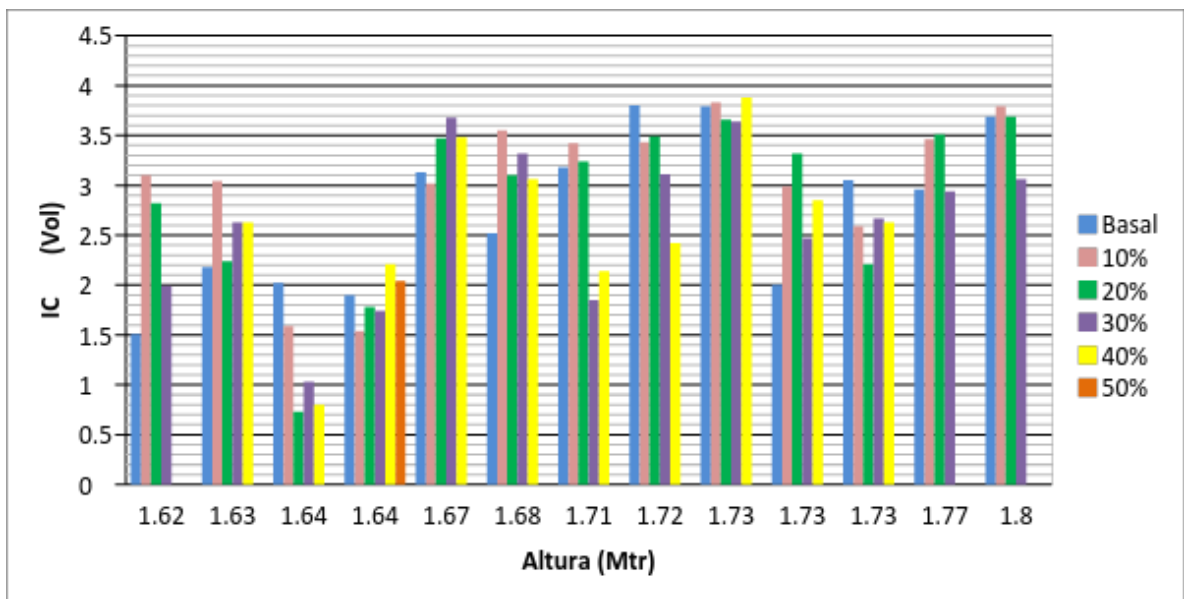


Gráfico 15. Relación CI/Altura para cada sujeto desde el valor basal hasta una carga del 50%

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 15 representa la relación entre talla y CI. Según los datos se observa que la altura y CI no están directamente relacionadas ya que no se presenta un aumento lineal del valor de la CI a medida que aumenta la talla. Sin embargo, si comparamos al sujeto

más pequeño con el más alto, encontraremos una diferencia marcada tanto en sus niveles basales como a medida que se aplica una resistencia, con valores que aumentan y disminuyen de manera intermitente en los sujetos que se encuentran en el centro del gráfico.

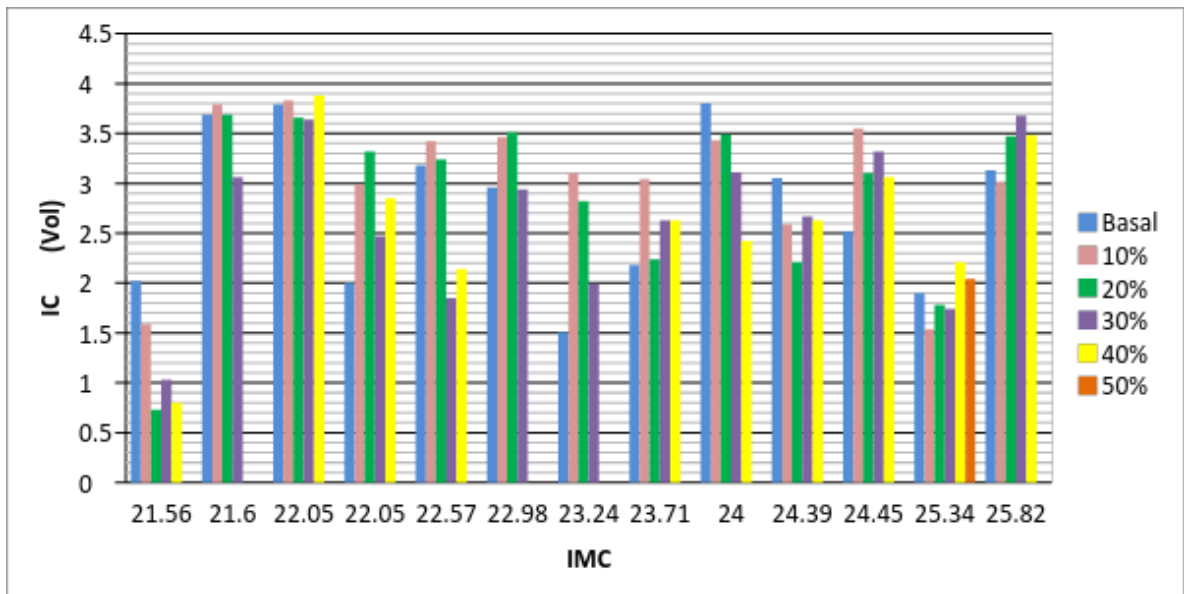


Gráfico 16. Relación entre CI/IMC para cada sujeto desde el valor basal hasta una carga del 50%.

Fuente: Creada por Fuentes, Marino y Sandoval, 2015

El Gráfico 16 relaciona IMC y CI, se observa que no existe una relación clara entre el comportamiento del IMC y CI, ya que es imposible identificar un patrón de comportamiento. Sin embargo, si comparamos el IMC menor respecto al mayor, existe una clara diferencia en el basal y en las cargas impuestas. Se puede apreciar claramente un comportamiento con valores que van al alta y baja en el centro del gráfico.

DISCUSIÓN

Estudios que analizaron la respuesta de los músculos respiratorios a diferentes cargas de trabajo, utilizando dispositivos de carga umbral, han presentado diversos beneficios según la carga que se ha aplicado. En base a la evidencia expuesta a lo largo de este estudio, se evidenció que tal como lo señala la literatura, el diafragma alcanza su mayor actividad o amplitud electromiográfica si se le aplica una resistencia del 30% de la Pimax basal, esto probablemente a un mayor reclutamiento de fibras musculares. Esto concuerda con nuestros resultados, ya que en los 13 sujetos de estudio la máxima amplitud electromiográfica ocurrió al 30%, siendo sujetos sanos y sin importar a cual grupo perteneciera. Lo anterior creemos se debe a que al ser el músculo principal de la respiración tranquila, no posee la capacidad de seguir aumentando su actividad a cargas mayores, necesitando musculatura accesoria para cumplir la función, la que podría desempeñar una función estabilizadora para permitir que el músculo diafragma mantenga su ventaja mecánica, evitando la fatiga.

En cambio con el ECOM y el intercostal ocurre un comportamiento lineal, a medida que aumenta la carga impuesta mayor es su actividad electromiográfica. Según lo expresado en la literatura su clasificación de músculo accesorio, provoca una activación tardía cuando el diafragma no logra realizar el trabajo respiratorio por sí solo a altas resistencias. Por lo cual, el reclutamiento de otros grupos musculares ayudaría a que éste pueda mantenerse trabajando a cierta intensidad durante un mayor tiempo, sumado a lo anterior el reclutamiento de esta musculatura podría suponer un aumento de los diámetros torácicos. En cada grupo los peak de activación de estos músculos ocurrieron a la mayor carga impuesta, lo cual concuerda con lo que se planteó anteriormente. Esta diferenciación entre el porcentaje de activación entre el diafragma y la musculatura accesoria no se

contempla en la evidencia, siendo un punto que se encuentra pendiente en próximos estudios para corroborar que la musculatura se debe entrenar en forma diferenciada para lograr mejoras significativas en la rehabilitación de la musculatura inspiratoria.

La medición de la Capacidad Inspiratoria durante este estudio permitió observar el comportamiento del volumen movilizado a diferentes resistencias. Como dice la evidencia la CI es una variable válida que muestra la variación del volumen durante una inspiración. Si bien, la literatura no es tan clara respecto a esta variable, lo lógico sería suponer que si una carga produce mayor actividad electromiográfica, mayor será el volumen pulmonar movilizado. Sin embargo, en los datos analizados se puede apreciar un comportamiento totalmente distinto en la mayoría de los sujetos, ya que a cargas menores ocurre una menor activación muscular, pero los volúmenes movilizados obtuvieron sus mayores valores, descartando una relación directa entre ambos. Al ser un estudio en sujetos sanos, estos no presentan dificultad para vencer mínimas resistencias y lograr altos volúmenes pulmonares. Por otro lado, si la resistencia era mayor su capacidad de movilizar volúmenes aparentemente se veía disminuida.

Lo anterior puede deberse a que la realización de la respiración a volumen corriente con cargas de resistencia progresivas a través de válvula umbral, dificulte la fase inspiratoria generando una disminución en el ingreso del aire según la carga aplicada. En otras palabras, si aumento la resistencia disminuye la CI, con el fin de lograr vencer esa resistencia se realiza una gran activación de la musculatura accesoria. Sin embargo, se debe tener presente que la variación en la expansión pulmonar no es el fin de este estudio y, por lo tanto, se necesitaría la realización de nuevas mediciones que incluyan dispositivos especializados para analizar de manera más detallada este comportamiento.

Es por esto que queda en evidencia que cuando se entrena a un sujeto con una válvula umbral debemos considerar en nuestros objetivos si queremos entrenar la máxima activación muscular o si queremos aumentar los volúmenes pulmonares, por lo cual se debe considerar la carga que ocuparemos para la realización de una intervención que produzca los mejores beneficios durante la rehabilitación de nuestros sujetos en particular.

Debido a restricciones propias del dispositivo de carga umbral (válvula Threshold IMT®), aquel valor que fue inferior a 7 cmH₂O según porcentaje obtenido en relación a la Pimax del sujeto, se utilizó el mínimo valor de resistencia otorgado por la válvula (7 cmH₂O) y si el valor de la Pimax superó el límite de la válvula (45 cmH₂O) la última medición se realizó con el valor máximo de la válvula y calculando el respectivo porcentaje. Por lo cual, se dificulta aún más establecer las relaciones ya que para algunos sujetos no fue posible medir la actividad electromiográfica ni CI hasta el 50% de la Pimax llevando a la interrogante de cómo pudo ser su comportamiento en las cargas que no fueron evaluadas.

Otras variables que fueron analizadas en esta investigación fueron las variables antropométricas, la literatura evidenció una diferencia en cuanto al género (masculino o femenino), pero ningún estudio abarca si la talla o IMC influye en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria con válvula de carga umbral. La evaluación de las posibles diferencias entre géneros no fue posible debido a la baja cantidad de sujetos evaluados y que la cantidad de hombres era altamente superior a la de mujeres.

En cuanto a la relación Talla/CI la evidencia deja en claro que una mayor altura se relaciona a mayores valores espirométricos. En base a la premisa anterior, ese era el comportamiento esperable a la hora de analizar los datos obtenidos en la medición. Sin

embargo, no fue posible demostrar esta relación, a pesar de que al comparar el sujeto más bajo con el más alto, existe una clara diferencia en sus valores espirométricos. El comportamiento no fue lineal, debido a que no existía un aumento de los volúmenes pulmonares a medida que aumentaba la talla, encontrando valores que van en alza y en baja en los sujetos ubicados entre la menor y mayor talla. Lo anterior sugiere que cada sujeto se comporta de manera diferente, por lo cual se debe considerar el comportamiento individual para optimizar el entrenamiento de la musculatura respiratoria en nuestros sujetos de estudio.

En cuanto a la variable IMC, la literatura indica que una mayor proporción de tejido adiposo puede afectar la función respiratoria, porque en sujetos con un IMC elevado la presión intraabdominal se encuentra aumentada, limitando la expansión torácica y una buena función del diafragma. En los sujetos evaluados en esta investigación la tendencia fue que en el comportamiento del IMC y la CI, no existe una relación clara entre ambos, ya que, es imposible identificar un patrón de comportamiento. Sin embargo, al igual que en el caso anterior si comparamos el IMC menor respecto al mayor, existe una clara diferencia en el basal y en las cargas impuestas. Esto probablemente debido a otros factores no considerados en el estudio, recordando que tener un IMC elevado era criterio de exclusión para participar en este estudio al igual que un IMC bajo el rango de normalidad. Por lo tanto, al considerar sujetos con IMC dentro de rangos normales no es posible observar diferencias.

Tanto en las relaciones Talla/Amplitud e IMC/Amplitud encontramos aquí un error en la metodología de este estudio, ya que al expresar la actividad electromiográfica en porcentaje y no poseer datos duros expresados en mVolt, es imposible evaluar si existe una relación entre las variables mencionadas anteriormente.

El estudio presente puede estar limitado por la pérdida de datos ocurrida durante el procesamiento de señales. Además, no comprobar que se venciera la resistencia al subir el émbolo de la válvula y desconocer la etapa del ciclo menstrual en que se encontraban las mujeres también pueden ser limitantes para esta investigación. Además, la posición de los electrodos utilizada para evaluar la musculatura intercostal no permite diferenciar la amplitud de cual grupo intercostal (interno, externo o intimo) está siendo registrado con exactitud.

Finalmente, si analizamos la relación Pimax/Talla encontraremos que el grupo con el promedio de mayor altura, presentó mayores valores de Pimax basal. Al compararlo con los otros 2 grupos se aprecia que a medida que disminuye la talla, también lo hace el valor de la Pimax basal. Sin embargo, no es objetivo de este estudio analizar dicha relación, por lo cual no se ahondará en el tema.

CONCLUSIÓN

Si bien para esta población de sujetos no se evidencian tendencias claras en el comportamiento de las variables analizadas para cada sujeto, los datos sugieren que si se desea trabajar sobre la actividad muscular es recomendable utilizar una resistencia del 30% de la Pimax basal. Lo anterior responde a la pregunta de investigación, ya que al observar el comportamiento de la actividad electromiográfica tal como la literatura lo señala se observa que la mayor amplitud se presentó al evaluar una carga del 30% de la Pimax para todos los sujetos. Sin embargo, en cuanto a la variable espirométrica, se aprecia que si se desea trabajar sobre los volúmenes a movilizar se obtienen mejores resultados a cargas de trabajo bajas como el 10% de la Pimax basal, ya que a medida que aumenta la carga impuesta la CI para estos sujetos va decreciendo. Además, no existe una relación directa entre amplitud electromiográfica y valores espirométricos, específicamente CI. Con respecto a las variables asociadas como edad, peso y talla no fue posible identificar una relación clara para cada una de ellas con respecto a la amplitud electromiográfica y CI respectivamente.

Es por lo anterior que se concluye la necesidad de la realización de nuevos estudios que consideren una mayor cantidad de sujetos y eliminen los errores metodológicos ocurridos en el presente estudio, dando paso a una nueva línea de investigación.

REFERENCIAS

1. *Alves M, Soares D, Simões K, Martins S, Franco V, Rodrigues R. Chest wall volumes during inspiratory loaded breathing in COPD patients. Respiratory Physiology & Neurobiology. 2013; 188: 15-20.*
2. *Araujo F, Emerick S, Henrique W, Azevedo J, Assis F, Fonseca K, et al. On the behavior of surface electromyographic variables during the menstrual cycle. Physiol Meas. 2011; 32: 543–557.*
3. *Barreiro E, Gea J. y J. Marín. Músculos respiratorios, tolerancia al ejercicio y entrenamiento muscular en la EPOC, Arch Bronconeumol. 2007;43 Supl 3:15-24.*
4. *Bertolini G, Dragosavac D, Trevisan P, Eloy C, Marson M, Calado G. Inspiratory muscle training improves tidal volume and vital capacity after CABG surgery. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2012; 27(3): 362 - 369*
5. *Bin-Miao L. and cols, Clinical applications of lung function tests: A review, Asian Pacific Society of Respiriology; 2012, 17, 611-619.*
6. *Bissett B, Leditschke I, Paratz J, Boots R. Protocol: inspiratory muscle training for promoting recovery and outcomes in ventilated patients (IMPROVe): a randomised controlled trial. BMJ Open. 2012. 2; 1–8.*
7. *Booker R. Simple spirometry measurement. Nursing Standard. 2008; vol 22, 32, 35-39.*
8. *Brazzale D, Hall G. and cols, Effect of adopting the new global lung function initiative 2012 reference equations on the interpretation of spirometry, Respiration. 2013; 86:183-189.*
9. *Brazzale D., Upward A. and Pretto J., Effects of changing reference values and definition of the normal range on interpretation of spirometry. Respirology, 2010; 15: 1098–1103.*
10. *Brown P, Johnson M. and Sharpe G., Determinants of inspiratory muscle strength in healthy humans. Respiratory Physiology & Neurobiology. 2014. 196: 50-55.*

11. Brusasco V., Crapo R. and Viegi G. *Coming together: the ATS/ERS consensus on clinical pulmonary function testing. EurRespir J.* 2005; 26:1–2.
12. Bustamante V, Gáldiz J, Gorostiza A, Camino J. *Comparación de 2 métodos de entrenamiento muscular inspiratorio en pacientes con EPOC. ArchBronconeumol.* 2007; 43(8):431-438.
13. Cader S, Gomes de Souza R, Zamora V, et al. *Extubation process in bedridden elderly intensive care patients receiving inspiratory muscle training: a randomized clinical trial. ClinIntervenAgin.* 2012. 7: 437–443.
14. Casan C. *La espirometría en la práctica médica. RevOtoneumoalergia Práctica.* 2002; 11(2): 4-8.
15. Cavalcanti M. and Vieira T. *Surface electromyography: why, when and how to use it. RevAndalMed Deporte.* 2011; 4(1):17–28.
16. Chowdhury R, Reaz M, et al. *Surface electromyography signal processing and classification techniques. Sensors.* 2013; 13(9):12431–12466.
17. Cruz Mena E. (1999) *Aparato respiratorio fisiología y clínica. 5ta ed.* 23-40 p.
18. Dauber W. *Feneis nomenclatura anatómica ilustrada. 5ta edición.* 2006. 98 p.
19. De Cordova F, Alves A, Rocha L, Pachi J, Malaguti C, Dal Corso S. *Chest wall mobility is related to respiratory muscle strength and lung volumes in healthy subjects. RespirCare.* 2013 Dec; 58(12):2107–2112.
20. De Luca C. *Electromyography. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation,* 2006; 98-109.
21. Delsys, editor. *Bagnoli EMG System User's Guide. PM-B05 ed.* 2011 Oct, 1-32 p.
22. Dornelas A, Silva T, Vasconcelos H, Marcelino M, Rodrigues-Machado MG, et al. *Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. Journal of electromyography and kinesiology.* 2005. 15: 631-639.
23. Duiverman M, van Eykern L, Vennik P, Koëter G, Maarsingh E, Wijkstra P. *Reproducibility and responsiveness of a noninvasive EMG technique of the*

- respiratory muscles in COPD patients and in healthy subjects. J ApplPhysiol. 2004 May; 96:1723–1729.*
24. Falla D, Dall’Alba P, Rainoldi A, Merletti R and Jull G. Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles--a basis for clinical and research electromyography applications. *ClinNeurophysiol. 2002 Jan; 113(1):57–63.*
 25. Farina D, Merletti R. and Enoka R, The extraction of neural strategies from the surface EMG, *J ApplPhysiol, 2004; 96: 1486-1495.*
 26. Fernández AA, Chinarro BJ, Díez JDM, Walter JL. Pruebas de función respiratoria. *Medicine. 2006; 9(68):4385–4392.*
 27. Fontes A, de Andrade L, Andrade L, Frutuoso J, Gomes M, Amorim C, et al. Acute effects of incremental inspiratory load on compartmental chest wall volume and predominant activity frequency of inspiratory muscle. *Journal of electromyography and kinesiology. 2013; 23: 1269-1277.*
 28. Freitas G., Brilhante S, Saldanha P and cols. Adaptación de la válvula de entrenamiento muscular inspiratorio Threshold IMT para entrenamiento muscular espiratorio, *Rev Brasileira de Inovacao Tecnológica EmSaúde, 52-60.*
 29. Gáldiz J. and Martinez J., Nuevos valores espirométricos de referencia. *ArchBronconeumol. 2013; 49(10):413–414.*
 30. Gáldiz J., Function of respiratory muscles in COPD. *ArchBronconeumol. 2000 May; 36(5):275-285.*
 31. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, et al. Espirometría. *ArchBronconeumol. 2013; 49(9):388–401.*
 32. Gates P., Jaffe A. and Copeland J., Cannabis smoking and respiratory health: consideration of the literature. *Respirology, 2014; 19, 655-662.*
 33. Gomes P, Rodrigues A. y Barboza P. Efectos de un Programa de Rehabilitación de la Musculatura Inspiratoria en el Postoperatorio de Cirugía Cardíaca, 2009 *ArqBrasCardiol 2009; 92(4):268-275.*

34. González-Montesinos J, Vaz C, Fernández J, et al. Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. *RevAndalMed Deporte*. 2012; 5(4):163–70.
35. Gutiérrez M, Beroíza T, Borzone G, et al. *Espirometría: Manual de procedimientos*. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias. *RevChilEnfRespir*. 2007; 23: 31–42.
36. Gutiérrez M, Del Fierro A, Vallejo R. y Faccilongo C. Evaluación de diferentes valores de referencia espirométricos para el diagnóstico de alteración restrictiva en población chilena. *RevChilEnfRespir*. 2006; 22: 86–92.
37. Gutiérrez M, Valdivia G, Villarroel L, Contreras G, Cartagena C, Lisboa C. Proposición de nuevas ecuaciones para calcular valores espirométricos de referencia en población chilena adulta. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias (SER). *RevMed Chile*. 2014; 142: 143-152.
38. Gutiérrez M, Valdivia G, Villarroel L, et al. Nomogramas de ecuaciones de referencia espirométrica SER 2009. *RevChilEnf Respir*.2010; 26:9–15.
39. Harwood B, Edwards D. L and Jakobi J. M, Age-and sex-related differences for electromyography gaps during daily activity and a discrete task, *Gait & Posture*, 2011; 34: 6-12.
40. Hawkes E, Nowicky AV, McConnell A. Diaphragm and intercostal surface EMG and muscle performance after acute inspiratory muscle loading. *RespiratoryPhysiologyNeurobiology*. 2007; 155:213–219.
41. Hermens H, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J ElectromyogrKinesiol*. 2000 Oct; 10(5):361–374.
42. Hernández J, Sánchez I, Aranda D, et al. Utilidad de la espirometría en preescolares de 4 y 5 años. *RevChilEnfRespir*. 2006; 22: 31–36.
43. Hernández M, Girón R, López M, et al. Entrenamiento respiratorio en pacientes ingresados en el Servicio de Neumología. *Rev Patol Respir*. 2013; 16 (3): 76 - 85.
44. Hernández R, Fernández C, Baptista P. *Metodología de la investigación*. 2007. 5ta ed. México. 657 p.

45. Hug F. *Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography?*, *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011; 21: 1-12.
46. Hutten G, van Thuijl H, van Bellegem A, van Eykern L, van Aalderen W. *A literature review of the methodology of EMG recordings of the diaphragm*. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010; 20:185–190.
47. *Informe de política social, Ministerio de desarrollo social (Ex Mideplan), Chile, 2011.*
48. Jammes Y, Budin-Poirier C, Brégeon F. *Electromyographic tools to assess hemidiaphragm paralysis*. *ClinPhysiolFunctImaging*. 2010 Mar; 30(2):107–115.
49. Janssens L, Brumagne S, McConnell A, Raymaekers J, Goossens N, Gayan-Ramirez G, et al. *The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: a systematic review*. *Respiratory Medicine*. 2013; 107:331–346.
50. Konrad P. *The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography*. Noraxon Inc. USA. 2005; 1-60 p.
51. Liñan S, Cobos N, Reverté C. *Exploración funcional respiratoria*. AEP. 2008; 41–70.
52. Lisboa C, Leiva A, Pinochet R, et al. *Valores de referencia de la capacidad inspiratoria en sujetos sanos no fumadores mayores de 50 años*. *ArchBroncoeumol*. 2007; 43(9):485-489
53. Lisboa C. and cols, *Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: effect on exercise performance*, *European Respiratory Journals*, 1997; 10:537-542
54. López Chicharro - Fernández Vaquero. *Fisiología del ejercicio*. 3ra ed. Buenos Aires. 2010. (Autorizado por su autor para citarlo)
55. López-Campos J, Calle M, Soriano J., *Formación continuada en espirometrías: una luz en el camino*, *Archivos de Bronconeumología*, 2013, 49(9): 369-370

56. Maarsingh E, van Eykern L, Sprickelman A, Hoekstra M. and van Aalderen W. *Respiratory muscle activity measured with a noninvasive EMG technique: technical aspects and reproducibility. J ApplPhysiol.* 2000; 88:1955–1961.
57. Massó N, Rey F, Romero D, Gual G, Costa L., et al. *Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte.* 2010; 45(165):127–136.
58. Matsuo M, Hashimoto N, Usami N, et al. *Inspiratory capacity as a preoperative assessment of patients under going thoracic surgery. Interactive Cardiovascular and ThoracicSurgery.* 2012; 14: 540-564.
59. Merlo A. and Campanini I. *Technical aspects of surface electromyography for clinicians. The Open RehabilitationJournal.* 2010; 3:98–109.
60. Miller M, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. *Standardisation of spirometry. EurRespir J.* 2005; 26:319–338.
61. Mota-Casals S. *¿Cuál es el papel del entrenamiento de los músculos inspiratorios en el tratamiento de la EPOC?.ArchBronconeumol.* 2005; 41 (11): 593-5.
62. Mueller G, Hopman MT. and Perret C. *Comparison of respiratory muscle training methods in individuals with motor complete tetraplegia. A randomizedcontrolled trial. J RehabilMed.* 2013; 45: 248-253.
63. Murphy PB, Kumar A, Reilly C, Jolley C, Walterspacher S, Fedele F, et al. *Neural respiratory drive as a physiological biomarker to monitor change during acute exacerbations of COPD. Thorax.* 2011 Jul; 66(7):602–608.
64. Neumman Donald A. *Fundamentos de la rehabilitación física. Ira ed. España: 2007. 375 - 386 p.*
65. Oliveira A. M, Maturi S. and Boin I., *Comparison of surface electromyography in respiratory muscles of healthy and liver disease patients: preliminary studies, Transplantation Proceedings, 2011; 43: 1325-1326.*
66. Orozco-Levi M, Marco E, Ramírez-Sarmiento A. *Entrenamiento de los músculos respiratorios: ¿Sí o no?. Rehabilitación.* 2010; 44(2):167–176.

67. Ovechkin A, Vitaz T, de Terson D, Aslan S, McKay W. Evaluation of respiratory muscle activation in individuals with chronic spinal cord injury. *RespirPhysiolNeurobiol*. 2010 Sep 30; 173(2):171–178.
68. Pereira W, Takahama S, Panazzolo D, Da Cunha C, Guido G, Pereira A. Diaphragmatic mobility in healthy subjects during incentive spirometry with a flow-oriented device and with a volumen-oriented device. *J BrasPneumol*. 2010; 36(6):738–745.
69. Petrovic M, Reiter M, Zipko H, Pohl W, et al. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. *International Journal of COPD*. 2012; 7: 797 – 805
70. Pinheiro G. y Salías F. Entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *RevChilEnfRespir*. 2011. 27: 116-123.
71. Polla B, D'Antona G, Bottinelli R, Reggiani C. Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. *Thorax*. 2004 Sep; 59(9):808–817.
72. Puente L, García de Pedro J. Lung function tests in clinical decision-making. *ArchBronconeumol*. 2012 May; 48(5):161–9.
73. Quanjer P, Stanojevic S, Cole T and cols. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95 year age range: the global lung function 2012 equations. *EurRespir J*. 2012; 40(6):1324–1343.
74. Rodríguez I, Fuentes C, Rivas C, et al. Rehabilitación respiratoria en el paciente neuromuscular: efectos sobre la tolerancia al ejercicio y musculatura respiratoria. Resultado de una serie de casos. *RevChilEnfRespir*. 2013. 29:196–203.
75. Romer L. M. and Polkey M.I. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J ApplPhysiol* (1985), 2008 Mar, 104(3): 879–888.
76. Ruiz MA, Arnalich B, et al. Evaluación de los músculos respiratorios. *Monografías NeumoMadrid*, 2011, Vol XVIII: 111-124.
77. Schlegelmilch R. and Kramme R., *Pulmonary Function Testing, Springer Handbook of Medical Technology*. 2011; parte B-8, pág. 95-105.

78. Schmidt M, Kindler F, Gottfried SB, Raux M, Hug F, Similowski T, et al. *Dyspnea and surface inspiratory electromyograms in mechanically ventilated patients. Intensive Care Med.* 2013 Aug; 39(8):1368–1376.
79. Soderberg G.L. and Knutson L. M. *Guide for Use and Interpretation of Kinesiologic Electromyographic Data. Physical Therapy.* 2000 May; Vol 80. Number 5: 485-498.
80. Stanojevic S., Wade A., Stocks J., Hankinson J., Coates A. L., Pan H., et al. *Reference ranges for spirometry across all ages: a new approach. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,* 2008 Feb 1; 177(3), 253–260.
81. Tashkin, D. P. *Increasing cannabis use: what we still need to know about its effects on the lung. Respirology* (2014 Jul), 19(5), 619–620.
82. Tino S, Francis G, Birring S, Moxham J. and Kalra L. *A pilot study of respiratory muscle training to improve cough effectiveness and reduce the incidence of pneumonia in acute stroke: study protocol for a randomized controlled trial. Kulnicket. al Trials* 2014, 15: 123.
83. Vargas-Domínguez C, Gochicoa-Rangel L, Velázquez-Uncal M, et al. *Pruebas de función respiratoria, ¿Cuál y a quién?. NeumolCirTorax.* 2011; 70(2):101–117.
84. Vilaboim T, Ruas G, Pascucci L, Souza M. *Influence of forward leaning and incentive spirometry on inspired volumes and inspiratory electromyographic activity during breathing exercises in healthy subjects. Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2012; 22:961–967.

GLOSARIO

ACV: Accidente Cerebro Vascular.

Ag/Cl: Plata/Cloruro de plata

Ag: Plata

ATS: Sociedad Torácica Americana.

Au: Oro

CI: Capacidad Inspiratoria.

CPT: Capacidad Pulmonar Total.

CRF: Capacidad Residual Funcional.

CV: Capacidad Vital

CVL: Capacidad Vital Lenta.

DS: Desviación Estándar.

ECG: Electrocardiograma.

ECOM: Esternocleidooccipitomastoideo

EEII: Extremidades Inferiores

EESS: Extremidades Superiores

EMG: Electromiografía.

EMGs: Electromiografía de superficie.

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

ERS: Sociedad Respiratoria Europea.

FC: Frecuencia Cardiaca

FEV: Volumen Espiratorio Forzado

FR: Frecuencia Respiratoria

FRC: Capacidad Residual Funcional

FVC: Capacidad Vital Forzada
ICC: Insuficiencia Cardíaca Congestiva
IMC: Índice de Masa Corporal
PAM: Presión Arterial Media
Pemax: Presión Espiratoria Máxima.
PIC: Presión Intracraneal.
Pimax: Presión Inspiratoria Máxima.
RMS: Raíz Media Cuadrática.
SENIAM: Electromiografía de superficie para la evaluación no invasiva de músculos.
SEPAR: Sociedad Española de Patología Respiratoria.
SpO2: Saturación parcial de oxígeno
TLC: Capacidad Pulmonar Total.
UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.
VC: Volumen Corriente.
VEF1: Volumen Espiratorio Forzado en 1 segundo
VO2: Consumo de oxígeno
VO2max: Consumo máximo de oxígeno
VR: Volumen Residual.
VRE: Volumen de Reserva Espiratorio
VRI: Volumen de Reserva Inspiratorio

ANEXOS

Anexo 1:

TABLA 11.6. Músculos de la inspiración forzada

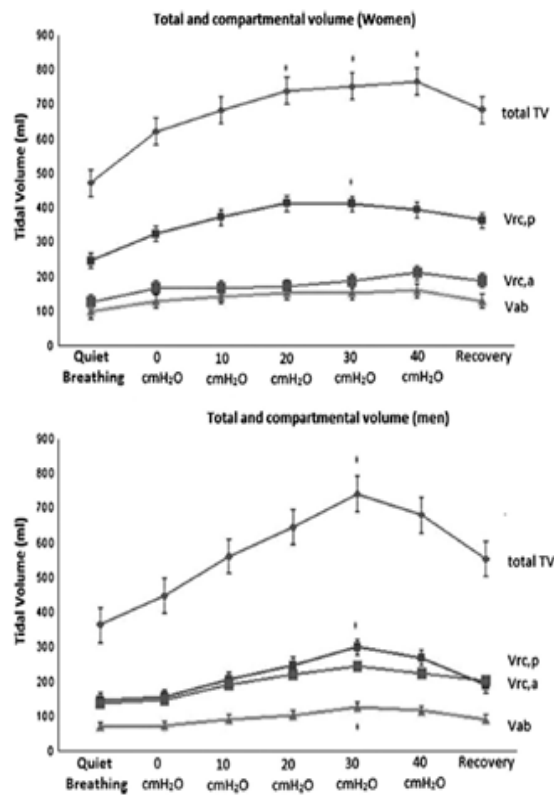
Músculo	Modo de acción	Inervación
Serrato posterosuperior	Aumenta el volumen intratorácico al elevar las costillas superiores	Nervios intercostales (ramos ventrales T2-5)
Serrato posteroinferior	Estabiliza las costillas inferiores para la contracción del diafragma	Nervios intercostales (ramos ventrales T9-12)
Elevador de la costilla (largo y corto)	Aumenta el volumen intratorácico al elevar las costillas superiores	Ramos de los ramos dorsales de los nervios espinales dorsales adyacentes
Esternocleidomastoideo	Aumenta el volumen intratorácico al elevar el esternón y las costillas superiores	Fuente primaria: nervio accesorio (XI nervio craneal)
Dorsal ancho	Aumenta el volumen intratorácico al elevar las costillas inferiores; esta función requiere que los brazos estén fijos	Nervio toracodorsal (C6-8)
Iliocostal torácico y cervical (erector de la columna)	Aumenta el volumen intratorácico al extender el tronco, estabiliza el cuello para la contracción del esternocleidomastoideo y los escalenos	Ramos dorsales adyacentes de los nervios espinales
Pectoral menor	Aumenta el volumen intratorácico al elevar las costillas superiores; requiere la activación de músculos como el trapecio y el elevador de la escápula para estabilizar ésta	Nervio pectoral medial (C7-8)
Pectoral mayor (porción esternocostal)	Aumenta el volumen intratorácico al elevar las costillas medias y el esternón; esta función requiere que los brazos estén fijos Una mayor flexión o abducción de los hombros aumenta la línea de fuerza vertical de las fibras musculares respecto a sus inserciones torácicas; esta estrategia aumenta la eficacia de este músculo para expandir el volumen intratorácico	Nervios pectorales lateral y medial (C5-T1)
Serrato anterior	Aumenta el volumen intratorácico al elevar las costillas	Nervio torácico largo (C5-7)
Cuadrado lumbar	Estabiliza las costillas inferiores para la contracción del diafragma durante el inicio de una inspiración forzada	Ramos ventrales de T12-L3

Anexo 2:



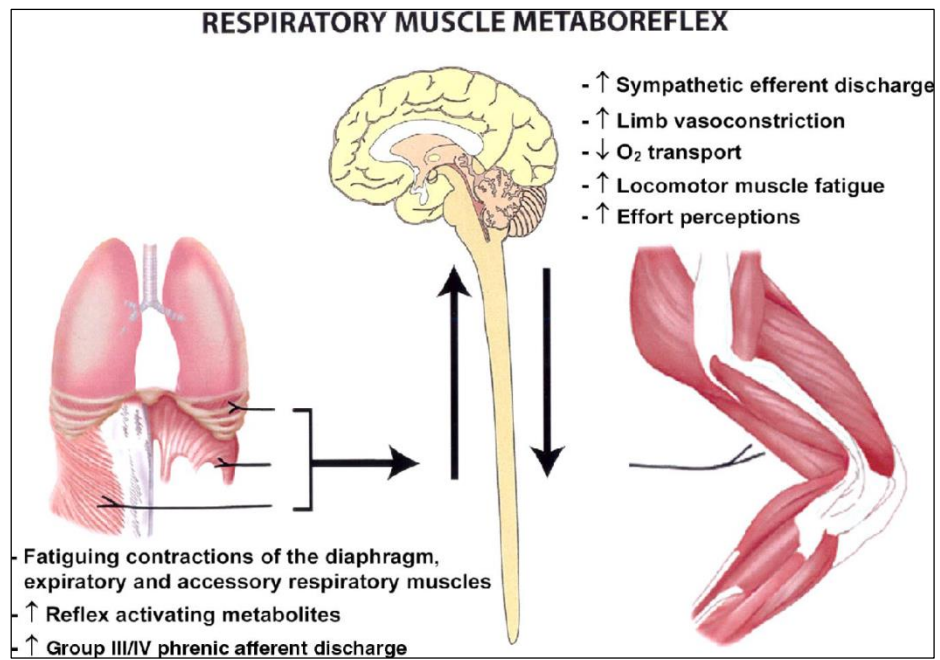
(22)

Anexo 3:



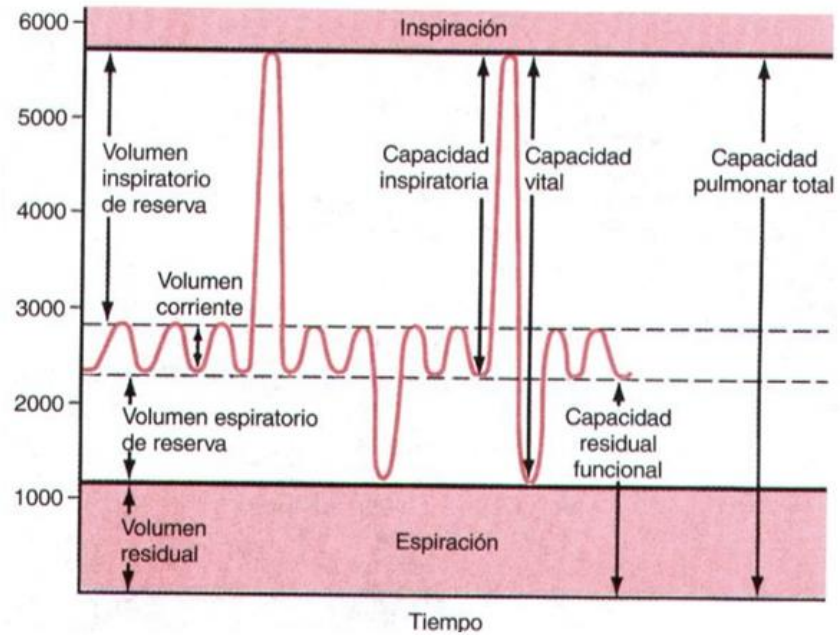
(27)

Anexo 4:



(75)

Anexo 5:



(17)

Anexo 6:

Volumenes	
Volumen corriente (VC)	Corresponde a la cantidad de aire que entra durante una inspiración o sale en la espiración en una actividad específica.
Volumen de reserva inspiratoria (VRI)	Corresponde a la cantidad máxima de aire que se puede inspirar por sobre la inspiración normal o del VC.
Volumen de reserva espiratorio (VRE)	Corresponde a la máxima cantidad de aire que se puede espirar a partir de una espiración normal o del VC.
Volumen residual (VR)	Cantidad de aire que queda en el pulmón posterior a una espiración forzada, cuya función es el evitar el colapso alveolar

Capacidades	
Capacidad pulmonar total (CPT)	Corresponde a la cantidad de aire contenido en el pulmón durante una inspiración máxima.
Capacidad vital (CV)	Corresponde a la cantidad de aire que es movilizado durante una inspiración y espiración máxima. Es la suma de VC, VRI y VRE
Capacidad inspiratoria (CI)	Corresponde a la cantidad máxima de aire que puede inspirarse a partir de una espiración normal. Es la suma de VC y VRI
Capacidad residual funcional (CRF)	Corresponde a la cantidad de aire que queda en el pulmón posterior a una espiración normal. Es la suma de VR y VRE.

(51)

Anexo 7:

Encuesta Centros Asistenciales de Referencia

Centro asistencial Hospital Clínico Universidad de Chile
Dirección Av. Santos Dumont 999, Independencia – RM, Chile.
Fecha 21-julio-14
Encargado Secretaria Laboratorio Respiratorio

Valores de Referencia Knudson
Modelo Espirómetro CPFS/D medgraphics

Centro asistencial Hospital Clínico San José
Dirección San José 1196, Independencia - RM, Chile.
Fecha 21-julio-14
Encargado Secretaria Broncopulmonar

Valores de Referencia Knudson
Modelo Espirómetro CPFS/D medgraphics

Centro asistencial Hospital Barros Luco Trudeau
Dirección José Miguel Carrera 3604, San Miguel - RM, Chile.
Fecha 22-julio-14
Encargado Secretaria Broncopulmonar

Valores de Referencia Knudson
Modelo Espirómetro CPFS/D medgraphics

Anexo 8:

Instrucciones Previas a la Medición

El día de la medición usted debe presentarse 10 minutos antes al laboratorio de Análisis del Movimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la Rehabilitación de la Universidad Andrés Bello, sede Casona de Las Condes; ubicada en Fernández Concha # 700 C5, Las Condes.

Debe recordar lo siguiente:

- ❖ Considerar un tiempo aproximado de 1 hora.
- ❖ Traer ropa cómoda (Hombres: pantalón corto y polera / Mujeres: calza y peto).
- ❖ No realizar ejercicio intenso el día de la medición.
- ❖ No utilizar cremas o aceites en la región torácica el día de la medición.
- ❖ Consumir un desayuno y/o almuerzo liviano según momento de la medición (mañana o tarde).
- ❖ Retirar accesorios metálicos (aros, anillos, cadenas, etc.)
- ❖ En caso de ser mujer, no encontrarse en su ciclo menstrual.
- ❖ Traer leído y FIRMADO consentimiento informado que fue previamente entregado.

Anexo 9:

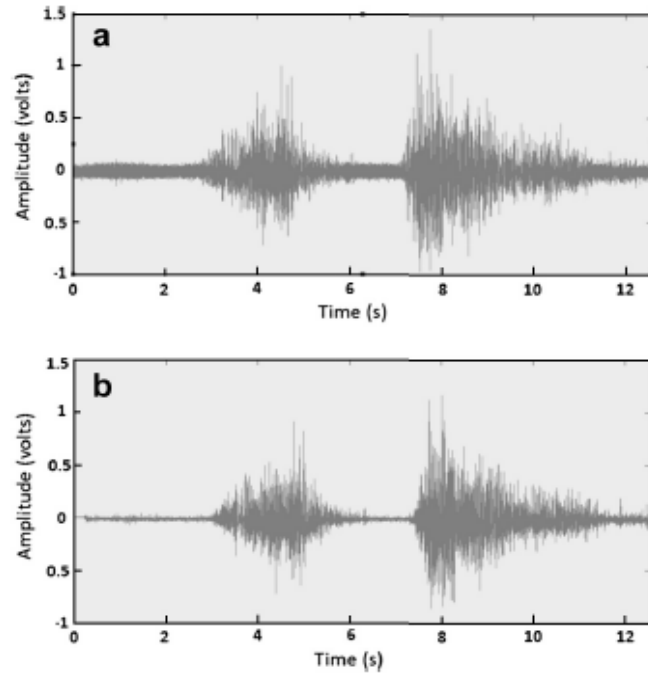
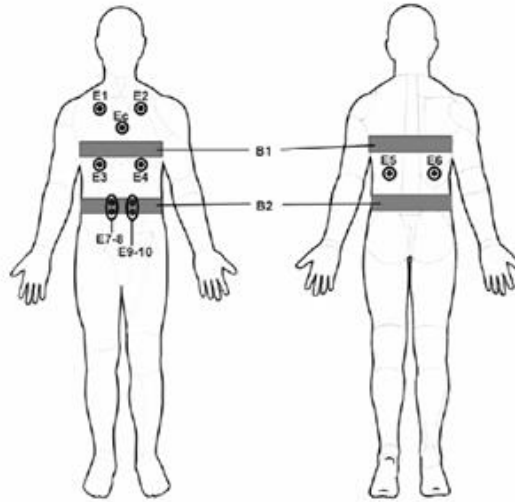


Fig. 1. Original and filtered signal.

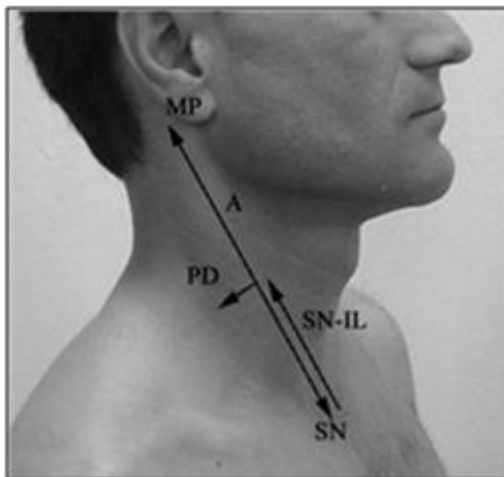
(20)

Anexo 10:



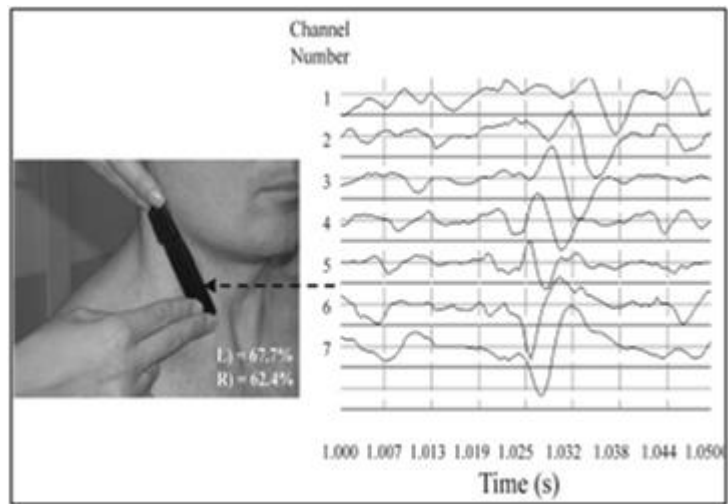
(56)

Anexo 11:



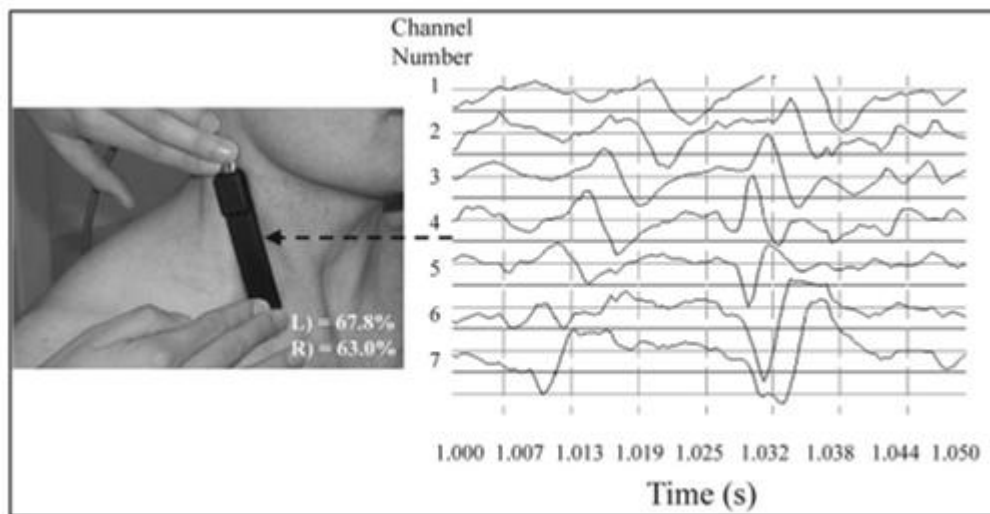
(24)

Anexo 12:



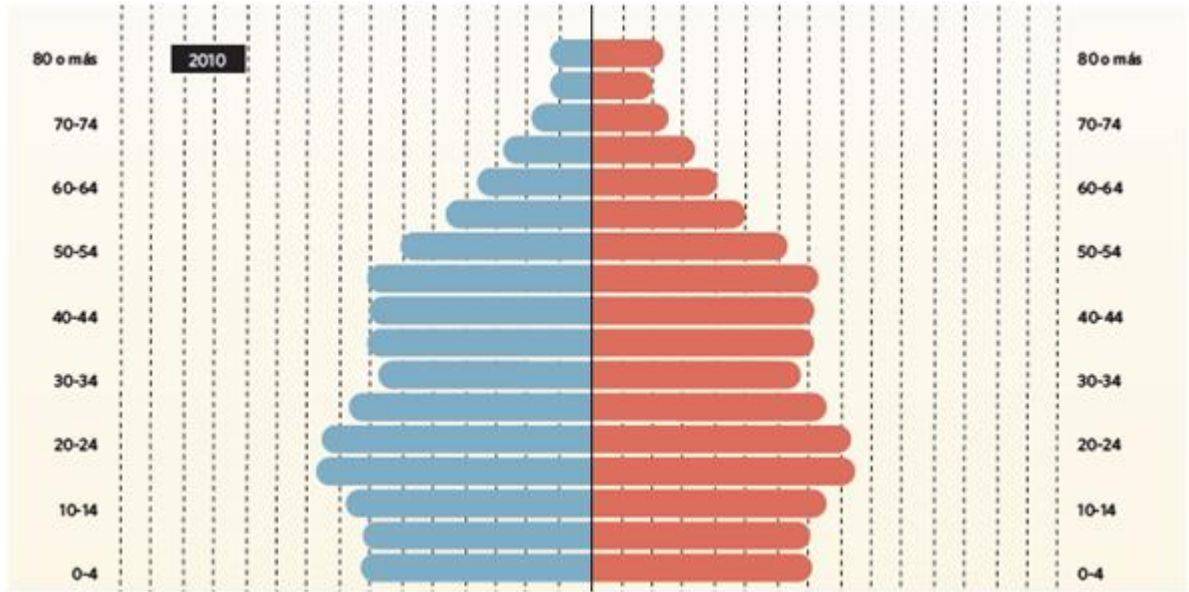
(24)

Anexo 13:



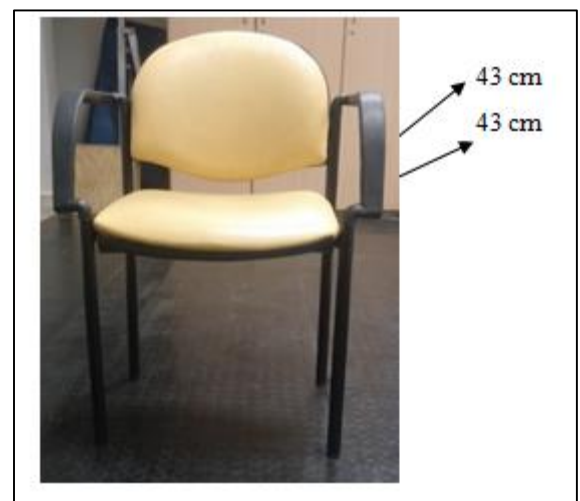
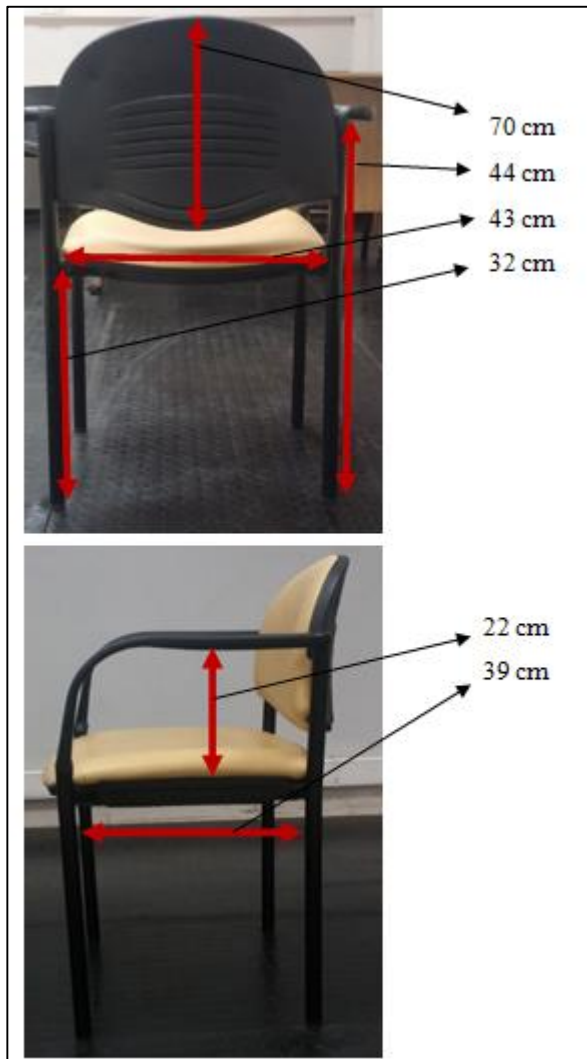
(24)

Anexo 14:



(47)

Anexo 15:



Anexo 16:



Universidad Nacional Andrés Bello
Facultad de Ciencias de la Rehabilitación
Escuela de Kinesiología

Pauta de Cotejo

Selección preliminar

Cuestionario para proyecto de investigación:

“Medición de la máxima amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios con carga incremental, observando la capacidad inspiratoria en sujetos sanos de 18-25 años, estudiantes de kinesiología sede Casona de Las Condes de la Universidad Andrés Bello.”

Datos personales

Nombre	
E-mail	
Teléfono	
Talla	
Peso	

❖ **Marque con una X en la casilla según corresponda**

		<input type="checkbox"/>	
		SI	NO
1.	¿Tienes entre 18 y 25 años?		
2.	¿Eres deportista de alto rendimiento? Considerados como todo aquel que es seleccionado deportivo o realiza actividad física programada más de 3 veces a la semana		
3.	¿Tienes algún aparato electrónico implantado en el cuerpo?		

4.	¿Presentas alguna alergia a metales?		
	En caso de que la respuesta anterior sea Si, indica a cual: -----		
5.	¿Posees heridas o irritación en la piel ? Específicamente en la región torácica.		

6.	¿Tienes alguna alteración anatómica en el tórax?		
7.	Has sido sometido a una o más de las siguientes cirugías: Torácicas, abdominales, ojos, oídos, cerebral u otorrinolaringológicas en cualquier etapa del ciclo vital.		
8.	¿Presentas algún problema facial o bucal?		
9.	En caso de que la respuesta anterior sea Si, indica cual: -----		
10.	Presentas una o más de los siguientes diagnósticos médicos: asma bronquial, enfisema pulmonar, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), bronquitis crónica, tuberculosis pulmonar, fibrosis pulmonar, cáncer bronquial o cirugía pulmonar.		
11.	Has sufrido una o más de las siguientes condiciones: infarto agudo al miocardio, neumotórax o desprendimiento agudo de retina hace menos de 1 mes.		
12.	¿Fumas? Considerado como fumador toda aquella persona que ha consumido a lo menos 1 cigarrillo en el último mes.		
13.	¿Estarías dispuesto (a) a participar en nuestra investigación?		
14.	¿Podrías organizar unas horas un día sábado?		

Muchas gracias por tu participación.

Anexo 17:

Ficha Recolección de Datos

(Medición Final)

FOLIO _____

Datos Generales

Fecha medición : ___/___/___

Temperatura : ___ °c

Hora Inicio medición: ___:___ hrs.

Humedad : ___ %

Hora Final medición: ___:___ hrs.

Altitud : ___ mtr.

Nombre Evaluador : _____

Consentimiento Informado se encuentra firmado: Si No

Presenta algún evento de salud agudo durante las últimas 24 hrs. (diarrea, náuseas, vómitos, crisis hipertensiva): Si No

Presenta condición de salud respiratoria aguda diagnosticada durante las últimas 24 hrs. (Resfriado, bronquitis, hemoptisis): Si No

Datos Personales

Nombre: _____

Cedula de identidad N°: _____

Fecha de nacimiento: ___/___/___

Sexo: F ___ M ___

Estado Civil: Soltero/a Casado/a Viudo/a Separado/a

Edad: _____ años.

Datos Antropométricos

Peso: _____ kgs. Talla: _____ mts. IMC: _____ Kg/m²

Si corresponde, se encuentra en su periodo menstrual: Si No

Presión arterial: _____ mmHg. Saturación: _____ % Pam: _____

Pimax basal: _____ cmH₂O.

Datos Medición

		Tolera		Observaciones
Pimax basal	_____ cmH ₂ O	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	_____
10 % Pimax	_____ cmH ₂ O	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	_____
20 % Pimax	_____ cmH ₂ O	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	_____
30 % Pimax	_____ cmH ₂ O	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	_____
40 % Pimax	_____ cmH ₂ O	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	_____
50 % Pimax	_____ cmH ₂ O	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	_____

Observaciones Generales

Anexo 18:

Consentimiento Informado

El propósito de esta información es ayudarle a tomar la decisión de participar o no en una investigación de pregrado. Tome el tiempo que requiera para decidirse y lea cuidadosamente este documento. Puede realizar las preguntas que desee a cualquiera de los co- investigadores, cuyos contactos se encuentran al final de este documento.

Título del estudio:

"MEDICIÓN DE LA MÁXIMA AMPLITUD ELECTROMIOGRÁFICA DE LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS CON CARGA INCREMENTAL, OBSERVANDO LA CAPACIDAD INSPIRATORIA EN SUJETOS SANOS DE 18 A 25 AÑOS, ESTUDIANTES DE KINESIOLOGÍA SEDE CASONA LAS CONDES DE LA UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO"

Por medio del siguiente documento se le entregará toda la información necesaria para que usted pueda decidir libremente si desea participar en la investigación que se le ha explicado verbalmente y que a continuación se describe en forma resumida:

Importancia y propósito del estudio

La importancia de esta investigación radica en que existe arbitrariedad en relación a la carga de trabajo utilizada en rehabilitación pulmonar, en la cual el diafragma recluta la mayor cantidad de unidades motoras en sujetos sanos. Esta información ayudará a profesionales de la salud, acerca de la óptima carga para entrenar la musculatura inspiratoria en personas que presenten condiciones de salud que afecten su calidad de vida.

Resumen del proyecto

Se evaluará la máxima amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios, a través de electrodos de superficie. Esta técnica no es dolorosa, se limpiará la piel con un paño o gel abrasivo, luego se sienta al sujeto y se colocan los electrodos, para el músculo diafragma en el 7° u 8° espacio intercostal anterior entre la axila y la línea media clavicular. Mientras que para los músculos intercostales, los electrodos se colocarán en el 2° o 3° espacio intercostal de la línea medio clavicular. Para el músculo esternocleidomastoideo se fijarán en el tercio medio de una línea trazada entre el proceso mastoideo y la escotadura esternal. El electrodo de referencia se ubica en el esternón, estas posiciones se encuentran validadas y no conllevan ningún riesgo físico. La máxima presión inspiratoria (Pimax) será medida con una llave de tres pasos conectada a un manómetro Smiths Medical, este es un procedimiento que no provoca dolor, para medir la fuerza muscular respiratoria. Se realiza en posición sedente según protocolo validado.

La capacidad inspiratoria se evaluará con un espirómetro que cumple con las actuales recomendaciones y normas de la Sociedad Respiratoria Europea (ERS) y la Sociedad Torácica Americana (ATS), a través de este instrumento, se realizará una espirometría simple, en posición sedente según protocolo validado; cabe mencionar que este es un procedimiento que no genera dolor.

Las cargas inspiratorias se regularán con una válvula Threshold IMT[®], este instrumento opone una resistencia graduada al flujo de aire sin provocar dolor. Se realiza en posición sedente según protocolo validado.

Las tres evaluaciones serán realizadas en el Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano de la Universidad Andrés Bello, los días sábados en la mañana, bajo una

temperatura, humedad y altitud adecuada y sin ruidos externos que pueden afectar la concentración de los participantes.

Usted ha sido seleccionado por cumplir con los criterios de inclusión. Sin embargo, su participación en esta investigación es completamente voluntaria, si no desea participar, su negativa no traerá ninguna consecuencia para usted. De igual forma si usted lo estima conveniente puede dejar el estudio en cualquier momento. Cabe destacar que usted no recibirá ninguna recompensación de tipo monetaria por participar en este estudio.

Es importante mencionar que todos los datos personales y los resultados obtenidos a través de las pruebas serán utilizados exclusivamente para fines científicos y no se usará esta información para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Cabe destacar que cada persona presentará un número de folio, por lo cual su nombre será completamente confidencial. Terminado el estudio se eliminarán todos los datos. Si tiene alguna duda sobre este proyecto de investigación, puede hacer preguntas en cualquier momento, en forma presencial o vía electrónica. (Los datos de contacto se ubican al final de este documento)

Al respecto, expongo que:

- He sido informado/a sobre las herramientas de evaluación, las que se encuentran certificadas para su uso en investigaciones científicas, no producen dolor y no conllevan daño físico, ni psicológico, para quien lo reciba. No existen secuelas o efectos secundarios posteriores de ningún tipo.
- He sido también informado/a en forma previa a la aplicación, que los procedimientos que se realicen, no implican un costo que yo deba asumir. Mi participación en el procedimiento no involucra un costo económico alguno que yo

deba solventar (hacerme cargo).

- Una vez terminada la investigación, puedo conocer mis resultados. Para esto, debo acercarme al Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano de la Universidad Andrés Bello o ponerme en contacto directamente con alguno de los co – investigadores.
- Estoy en pleno conocimiento que la información obtenida con la actividad en la cual participaré, será absolutamente confidencial, y que no aparecerá mi nombre, ni mis datos personales en libros, revistas y otros medios de publicidad derivadas de la investigación ya descrita.
- La decisión de participar en esta investigación, es absolutamente voluntaria. Si no deseo participar en ella o una vez iniciada la investigación, no deseo proseguir colaborando, puedo retirarme en el momento que lo desee. En ambos casos, se me asegura que mi negativa no implicará ninguna consecuencia negativa para mí.
- He leído el documento, entiendo las declaraciones contenidas en él y la necesidad de hacer constar mi consentimiento, para lo cual lo firmo libre y voluntariamente.

Yo,....., Cédula de
identidad o pasaporte N°....., de
nacionalidad....., mayor de edad, con domicilio en
.....
....., consiento en participar en la investigación

denominada: “Medición de la máxima amplitud electromiográfica de los músculos respiratorios con carga incremental, observando el comportamiento de la capacidad inspiratoria en sujetos sanos de 18 a 25 años, estudiantes de Kinesiología sede Casona de Las Condes de la Universidad Andrés Bello.” y autorizo a la profesional Paola Figueroa González investigador responsable del proyecto y/o a quienes ella designe como sus colaboradores directos y cuya identidad consta al pie del presente documento, para realizar el (los) procedimiento (s) requerido (s) por el proyecto de investigación descrito.

Fecha:/...../.....

Hora:

Firma del participante:

Investigador responsable Paola Figueroa González
.....

Co-investigador 1 Raúl Ignacio Fuentes Guzmán
.....

Co-investigador 2 María José Marino Conde
.....

Co-investigador 3

Luis Leonardo Sandoval Beas

.....

Datos de Contacto

Co-investigador 1	Raúl Ignacio Fuentes Guzmán	r.fuentesguzmn@gmail.com
Co-investigador 2	María José Marino Conde	cote_marino@hotmail.com
Co-investigador 3	Luis Leonardo Sandoval Beas	luisandobeas@gmail.com

Anexo 19:

TABLA 2. Ecuaciones de predicción de las presiones respiratorias estáticas máximas⁽¹⁹⁾. $PI_{m\acute{a}x}$ y $PE_{m\acute{a}x}$ expresados en cmH_2O . $PI_{m\acute{a}x}$ de signo negativo. Edad en años y peso en kg

Sexo	Ecuación	R ²	SEE
Hombres	$PE_{m\acute{a}x} = 263,12 - 1,31 \times \text{edad}$	0,223	43
	$PI_{m\acute{a}x} = 133,07 - 1,03 \times \text{edad} + 0,59 \times \text{peso}$	0,305	29
Mujeres	$PE_{m\acute{a}x} = 116,23 - 0,57 \times \text{edad}$	0,127	28
	$PI_{m\acute{a}x} = 125,18 - 0,64 \times \text{edad} + 0,65 \times \text{peso}$	0,192	23

(76)

Anexo 20:

- Año 2014

Actividad	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA					
IDEA DE INVESTIGACION					
PREGUNTA DE INVESTIGACION Y OBJETIVOS					
PRESETACION IDEA, PREGUNTA Y OBJETIVOS					
MARCO TEORICO					
PRESENTACION AVANCE MARCO TEORICO					
ESTADO DEL ARTE					
MATERIAL Y METODO					
INFOME AVANCE MARCO TEORICO Y MATERIAL Y METODO					
CORRECCIONES MARCO TEORICO Y MATERIAL Y METODO					
INFORME FINAL Y PRESENTACION					
ELEABORACION PAUTA COTEJO Y CONSENTIMIENTO INFOMADO					
APLICACIÓN PAUTA DE COTEJO					
SELECCIÓN DE SUJETOS					
MEDICIONES					
ANALISIS DE MEDICIONES					
INFORME DE AVANCES					
ANALISIS DE RESULTADOS					
DISCUSION					
CONCLUSIONES					
MODIFICACIONES					
COMITÉ DE ETICA					

Actividad	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA					
IDEA DE INVESTIGACION					
PREGUNTA DE INVESTIGACION Y OBJETIVOS					
PRESENTACION IDEA, PREGUNTA Y OBJETIVOS					
MARCO TEORICO					
PRESENTACION AVANCE MARCO TEORICO					
ESTADO DEL ARTE					
MATERIAL Y METODO					
INFOME AVANCE MARCO TEORICO Y MATERIAL Y METODO					
CORRECCIONES MARCO TEORICO Y MATERIAL Y METODO					
INFORME FINAL Y PRESENTACION					
ELEABORACION PAUTA COTEJO Y CONSENTIMIENTO INFOMADO					
APLICACION PAUTA DE COTEJO					
SELECCION DE SUJETOS					
MEDICIONES					
ANALISIS DE MEDICIONES					
INFORME DE AVANCES					
ANALISIS DE RESULTADOS					
DISCUSION					
CONCLUSIONES					
MODIFICACIONES					
COMITÉ DE ETICA					

- Año 2015

Actividad	Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio		
BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA															
IDEA DE INVESTIGACION															
PREGUNTA DE INVESTIGACION Y OBJETIVOS															
PRESENTACION IDEA, PREGUNTA Y OBJETIVOS															
MARCO TEORICO															
PRESENTACION AVANCE MARCO TEORICO															
ESTADO DEL ARTE															
MATERIAL Y METODO															
INFOME AVANCE MARCO TEORICO Y MATERIAL Y METODO															
CORRECCIONES MARCO TEORICO Y MATERIAL Y METODO															
INFORME FINAL Y PRESENTACION															
ELEABORACION PAUTA COTEJO Y CONSENTIMIENTO INFOMADO															
APLICACIÓN PAUTA DE COTEJO															
SELECCIÓN DE SUJETOS															
MEDICIONES															
ANALISIS DE MEDICIONES															
INFORME DE AVANCES															
ANALISIS DE RESULTADOS															
DISCUSION															
CONCLUSIONES															
MODIFICACIONES															
COMITÉ DE ETICA															
ENTREGA FINAL PROCESO INVESTIGATIVO															

FOTOS









