



UNIVERSIDAD UCINF
LABOR CONSTANTIAE TRIUMPHARE

FACULTAD DE SALUD

KINESIOLOGÍA

El entrenamiento de la musculatura inspiratoria en sujetos universitarios fumadores y no fumadores de ambos sexos, y su efecto en la función pulmonar, la resistencia al ejercicio y la percepción del esfuerzo.

Tesis conducente al grado académico de Licenciado en Kinesiología

Nombre de Tesista(s): Alison Aldana A.

Daniel Briones D.

Joel Sánchez V.

Tutor: Claudio Montejo S.

Asesor Metodológico: Marisa Radrigan R.

2012

Santiago de Chile

DEDICATORIA:

A nuestras familias, por habernos apoyado siempre, por la motivación constante entregada en el momento más oportuno, y en especial a nuestros padres, por su ejemplo de perseverancia y constancia, pero por sobre todo por su amor.

AGRADECIMIENTOS:

A nuestros profesores, a Claudio Montejó nuestro profesor guía, por su apoyo y motivación para la realización y culminación de esta etapa de formación profesional. A la profesora metodológica Marisa Radrián, por su apoyo y ayuda ofrecida en todo momento y por impulsar el desarrollo de nuestra tesis.

A la universidad Católica Silva Henríquez, por su apoyo brindado y por la disposición de facilitarnos sus instalaciones a la hora de ejecutar nuestro proyecto, y a sus alumnos por la disposición a la hora de participar del entrenamiento.

A Cristian Ugalde por su ayuda en el momento oportuno, ya que sin su aporte se hubiese dificultado la realización completa de nuestra tesis.

A nuestros familiares y amigos, a cada una de las personas que estuvieron con nosotros a lo largo de este proceso.

A Dios por habernos permitido tener salud para poder llegar a esta etapa en nuestra formación profesional.

INDICE

Dedicatoria y agradecimientos.....	II
Resumen/Abstract.....	V,VI
Introducción	1
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación	4
1. Antecedentes de la temática.....	4
2. Formulación de la pregunta principal de investigación.....	7
3. Justificación de la elección del problema de investigación.....	7
Capítulo II: Marco de referencia	8
1. Marco conceptual.....	8
2. Marco Teórico.....	12
Capítulo III: Hipótesis y definición de variables	68
1. Formulación Hipótesis.....	68
2. Definición conceptual y empírica de las variables.....	68
Capítulo IV: Métodos y técnicas.....	77
1. Objetivos de la investigación.....	77
2. Paradigma de investigación.....	78
3. Diseño y tipo de investigación.....	78
4. Población.....	81
5. Técnicas e instrumentos de investigación.....	81
6. Métodos y técnicas para el análisis de datos.....	82
7. Procedimiento para asegurar la validez y confiabilidad.....	82
Capítulo V: Resultados	83
1. Relato de procedimientos.....	83
2. Resultados de Estadística descriptiva.....	86

Capítulo VI	129
1. Conclusiones.....	129
2. Propuestas.....	133
Bibliografía.....	134
Anexos.....	138

RESUMEN

En esta investigación se evaluó la efectividad de un entrenamiento de la musculatura inspiratoria (EMI) en individuos fumadores y no fumadores, jóvenes y de nacionalidad chilena. Para esto se realizó un estudio experimental puro, siendo las variables estudiadas la función pulmonar evaluada mediante espirometría, la resistencia al ejercicio medida por el test Navette y el VO₂max, y la percepción del esfuerzo mediante la escala de Borg modificada. La población fue de 42 sujetos de ambos sexos, los cuales fueron divididos en 4 grupos: experimentales y controles, fumadores y no fumadores. Estos fueron sometidos a cuatro semanas de EMI mediante un protocolo de carga incremental 10 RM y comparado con un protocolo de baja intensidad no incremental. Los resultados mostraron un aumento en todas las variables estudiadas, concluyendo que el EMI, generó cambios positivos en la percepción del esfuerzo, en la función pulmonar y en la resistencia al ejercicio en todos los sujetos de estudio. Y además, el protocolo de carga incremental de 10 RM generó mayores cambios positivos en sujetos con ausencia del hábito tabáquico.

ABSTRACT

In this research was evaluated how effective is an inspiratory muscle training (IMT) in smokers and non-smokers chilean youth. For which we conducted a experimental study pure, the variables being studied lung function assessed by spirometry, exercise endurance measured by the Navette test and VO₂max, and the perception of effort by the modified Borg scale. The population consisted of 42 subjects of both sexes, who were divided into 4 groups: experimental and controls, smokers and nonsmokers. These were subjected to four weeks of IMT by a incremental loading protocol 10 RM and compared with a low-intensity protocol not incremental. The results showed an increase in all the variables studied, concluding that the IMT generated positive changes in the perception of effort, in lung function and exercise endurance in all subjects. And besides, the incremental loading protocol 10 RM generates greater positive changes in subjects non-smokers.

INTRODUCCION

El entrenamiento de la musculatura inspiratoria (EMI) es utilizado ampliamente en la actualidad en diversas áreas de la rehabilitación y entrenamiento pulmonar. Los aparatos destinados para este entrenamiento, conocidos como incentivadores respiratorios, han sido avalados en pacientes con alteraciones respiratorias de diferentes etiologías, en deportistas, e inclusive, en fumadores, en los cuales se producen cambios fisiológicos a nivel pulmonar producidos por el humo del cigarro. En estos últimos, recientemente se ha demostrado que al realizar un EMI se genera un aumento significativo de la fuerza de la musculatura inspiratoria, la función pulmonar y el rendimiento físico en individuos estudiantes universitarios de nacionalidad Brasileira (Zanoni, Camila et al, 2012).

Ahora bien, estos resultados fueron demostrados en una población de nacionalidad brasilera, por lo que como investigadores nos propusimos determinar el grado de beneficio que puede tener el EMI sobre la resistencia al ejercicio, la función pulmonar y la percepción del esfuerzo en una población de similares características pero de nacionalidad chilena.

Para esto se creó un protocolo de entrenamiento considerando cargas de trabajo que ya han sido comprobadas como efectivas (Enright, Stephanie J. Et al 2011) y periodos de recuperaciones bajos y decrecientes que incrementan su exigencia, con el fin de producir una mayor adaptación de la resistencia al ejercicio. Además se eligió un incentivador inspiratorio de muy escaso uso en Chile pero con validez comprobada (Edwards et. al., 2012).

La pregunta de investigación se formuló de la siguiente manera:

¿El trabajo de la musculatura inspiratoria mediante un protocolo de entrenamiento de carga incremental y el uso del incentivador inspiratorio POWERbreathe, aumenta el nivel de los parámetros respiratorios en individuos Chilenos, fumadores y no fumadores con un rango de edad de 18 a 26 años, estudiantes del primer y segundo año de la carrera de Kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez de Santiago de Chile?

Frente a esta pregunta se formuló la siguiente hipótesis: la mejora de la función pulmonar, el aumento de la resistencia al ejercicio y la disminución de la percepción de esfuerzo muestran valores distintos en sujetos fumadores y no fumadores entre 18 y 26 años de edad, luego del entrenamiento de la musculatura inspiratoria mediante un incentivador respiratorio de tipo umbral y el uso de un protocolo de carga incremental 10 RM.

En otras palabras, se determinó probar la efectividad de un protocolo de entrenamiento de carga incremental 10 RM, creado especialmente para esta investigación, el cual sería comparado con un entrenamiento de baja intensidad no incremental en individuos de nacionalidad Chilena, jóvenes, fumadores y no fumadores.

Para evaluar los cambios generados por el EMI y el protocolo de carga incremental 10 RM se midió la función pulmonar, determinada por la capacidad vital forzada (CVF) y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1); la percepción del esfuerzo, evaluada mediante la escala de Borg modificada; y la resistencia al ejercicio, evaluada mediante el Test de Navette y el consumo máximo de oxígeno (VO₂max).

De esta manera se pudo conocer la variabilidad de la función pulmonar, el consumo de oxígeno máximo de cada sujeto, la tolerancia al ejercicio y si en cada sujeto de estudio disminuyó su percepción al esfuerzo, después de ser entrenados con el protocolo de carga incremental 10 RM por 4 semanas. Además se pudo determinar si existió una relación entre las variables hábito tabáquico y la respuesta al EMI, y se verificó si el EMI, mediante el protocolo de carga incremental 10 RM, generó un impacto positivo en una población chilena universitaria fumadora y no fumadora.

La población estuvo compuesta por 62 estudiantes, sujetos cautivos de 2 cursos de primer y segundo año de kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez, fumadores y no fumadores de ambos sexos.

La población de 62 individuos fue dividida en 4 grupos mixtos: dos grupos experimentales, uno de fumadores y otro de no fumadores a los que se les realizó el protocolo de carga incremental 10 RM, y dos grupos controles, uno de fumadores y otro de no fumadores a los que se les realizó de un protocolo de baja intensidad no incremental.

Para efectos del análisis de los resultados se decidió excluir a todos aquellos sujetos que cumplieron con menos del 75% de asistencia a los entrenamientos, quedando finalmente una población de 42 sujetos estudiados.

Se efectuaron técnicas de medición para las evaluaciones iniciales y finales mediante espirometria para evaluar la función pulmonar, el Test de Navette (forma indirecta de cálculo para VO₂max) para determinar la resistencia al ejercicio, y la escala de Borg para evaluar la percepción del esfuerzo.

Para poder analizar los datos obtenidos se determinaron las medidas de tendencia central, a saber la moda, la mediana, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, los rangos mínimos y máximos, tanto de las edades, tallas y pesos de los sujetos como también de las variables CVF, VEF1, escala de Borg, y VO₂max. Se realizaron tablas de frecuencia y gráficos de barra de los resultados obtenidos en las mediciones iniciales y finales de todas las variables antes mencionadas.

Una vez obtenidos los datos se analizaron y se pudo concluir que el EMI, sea mediante el protocolo de carga incremental 10 RM (grupo experimental) o el protocolo de baja intensidad no incremental (grupo control), generó cambios positivos en la percepción del esfuerzo, en la función pulmonar y en la resistencia al ejercicio en todos los sujetos de estudio. Y además, que el protocolo de carga incremental 10 RM (grupo experimental) generó mayores cambios positivos de la resistencia al ejercicio en sujetos con ausencia del hábito tabáquico.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. Antecedentes de la temática.

El entrenamiento de la musculatura inspiratoria (EMI) utilizado ampliamente en la actualidad en diversas áreas de la rehabilitación y entrenamiento pulmonar nace de la fisioterapia respiratoria.

El origen de la fisioterapia respiratoria se remonta al año 2700 A.C. en China y en sus inicios fue llamada gimnasia respiratoria. A través de los siglos, la gimnasia respiratoria evoluciono desde ritos y ceremonias de ámbito divino hasta llegar al razonamiento clínico moderno, el cual la renombro en Bélgica, Francia y Estados Unidos en el siglo XX y XXI como la mencionada fisioterapia respiratoria.

En 1974 la American College of Chest Physicians definió a la fisioterapia respiratoria, como:

"El arte de la práctica médica en la que se formula un programa multidisciplinario ajustado a cada enfermo, y a través de un tratamiento, soporte emocional y una educación se estabilicen o corrigen los aspectos fisiopatológicos de las enfermedades pulmonares pretendiendo devolver al sujeto a la máxima capacidad funcional posible".

Si bien es cierto que la fisioterapia respiratoria desde sus comienzos en el siglo XX ha apuntado a favorecer la rehabilitación de pacientes que estén cursando por un proceso patológico con el fin de mejorar la función pulmonar, hoy en día se han abiertos nuevos horizontes y visiones de su aplicación gracias a profesionales que han contribuido con la invención de nuevas herramientas de trabajo. Estas herramientas de trabajo han demostrado mediante evidencia científica ser muy útiles en múltiples áreas disciplinarias y entre ella podemos encontrar los incentivos respiratorios, los cuales al ser aplicados en el EMI, han favorecido en grados variables a distintos tipos de poblaciones.

Los incentivadores respiratorios son aparatos físicos que nos permiten restaurar o mantener la función pulmonar, ya sea mediante una mejora de la fuerza de la musculatura respiratoria, o bien mediante la movilización de las secreciones pulmonares.

Los aparatos destinados al entrenamiento de la musculatura inspiratoria pueden clasificarse en los denominados de umbral y los de carga resistiva, siendo los más usados los de tipo umbral. Este último tipo de dispositivo inspiratorio puede ajustarse mediante la tensión de un muelle o resorte, la cual determina la apertura de la válvula a una presión prefijada. Este tipo del dispositivo está concebido para que no haya flujo significativo por debajo del valor umbral; una vez superado éste y abierta la válvula, la resistencia lineal al incremento de flujo debe ser inapreciable logrando así una mejoría de la capacidad y mecánica respiratoria, y el fortalecimiento de la musculatura.

En la actualidad existen diferentes dispositivos que cumplen la función de incentivadores respiratorios o entrenadores de la musculatura respiratoria con distintos nombres comerciales, entre los más destacados encontramos: POWERbreathe, Triflow, Flutter, Threshold, PFlex, etc.

La gran utilidad de estos dispositivos en el EMI ha sido avalada por un gran número de estudios aplicados en pacientes con alteraciones respiratorias de diferentes etiologías. Estos estudios están disponibles en la literatura médica como evidencia científica que lo corrobora.

Por ejemplo, se demostró que los pacientes con cuadriplejía pueden beneficiarse ante entrenamiento con cargas bajas (30% de la presión inspiratoria máxima, en adelante $P_{I\max}$), con una mejoría en la fuerza muscular, CVF y la eficacia de los músculos espiratorios (Marques Silveira, 2010.).

En individuos obesos y con sobrepeso entrenados con un protocolo de ejercitación diaria de mediana – alta intensidad mediante el dispositivo POWERbreath durante 4 semanas, aumenta significativamente tanto la distancia recorrida en el test de marcha de 6 minutos, como la fuerza de la musculatura inspiratoria (Edwards et. al., 2012).

En pacientes con Insuficiencia cardiaca sometidos a un EMI durante 6 semanas con el dispositivo Threshold a un 40% P_Imax aumento la distancia recorrida en el Test de marcha de 6 minutos, la fuerza de la musculatura inspiratoria, periférica y el equilibrio funcional, y disminuyeron la disnea y la depresión (Bosnak-Guclu et. al., 2010).

En pacientes con limitación crónica del flujo aéreo se logró una mejoría significativa en la fuerza muscular inspiratoria, la P_Imax aumentó por mes de entrenamiento; asimismo, aumentó la calidad de vida relacionada con la salud y concluyo que la utilización específica de un dispositivo de carga umbral es efectiva en el fortalecimiento muscular inspiratorio (Seróna et. al., 2005).

También existen publicaciones que fundamentan su usos no solo con fines precisamente terapéuticos si no que favorecen en el desempeño en distintas disciplinas deportivas que requieren una óptima función pulmonar y una amplia capacidad de resistencia a la fatiga.

En ciclistas de competición la evidencia muestra que el entrenamiento específico de los músculos inspiratorios atenúa la respuesta sensorial al ejercicio incremental maximal. Además, proporcionan evidencia de mejoras de rendimiento en competición. (Romer et. al., 2002).

El humo del tabaco induce cambios en el epitelio de la mucosa bronquial, incluyendo pérdida de los cilios, hipertrofia de las glándulas mucosas y aumento de células caliciformes, lo que favorece el desarrollo y la presencia de sintomatología respiratoria.

Debido a todos estos cambios fisiológicos se pueden generar una gran cantidad de enfermedades y trastornos respiratorios los que afectan directamente la resistencia al ejercicio del individuo fumador, la temprana sensación de fatiga al realizar actividades físicas y una disminución de las capacidades y volúmenes normales del pulmón (Trislitz, Claudia Maira et al, 2007).

La evidencia muestra que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en fumadores y no fumadores jóvenes, universitarios de nacionalidad Brasileira, genera un aumento significativo de

la fuerza de la musculatura inspiratoria, la función pulmonar y el rendimiento físico en ambos grupos de forma similar. (Zanoni, Camila et al, 2012).

Por estas razones se hace importante determinar los efectos que puede tener el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en una población chilena de fumadores y no fumadores. Para esto se creó un protocolo de carga incremental el cual será aplicado en esta investigación.

2. Formulación de la pregunta principal de investigación.

¿El trabajo de la musculatura inspiratoria mediante un protocolo de entrenamiento específico y el uso del incentivador inspiratorio POWERbreathe, aumenta el nivel de los parámetros respiratorios en individuos fumadores y no fumadores con un rango de edad de 18 a 26 años, estudiantes del primer y segundo año de la carrera de Kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez de Santiago de Chile?

3. Justificación de la elección del problema de investigación.

- 1) Determinar los beneficios que existen al realizar un entrenamiento de la musculatura inspiratoria en sujetos jóvenes, chilenos, fumadores y no fumadores.
- 2) Probar un tipo de entrenamiento efectivo para la musculatura inspiratoria, con un dispositivo respiratorio en particular, en el mejoramiento de la función pulmonar, la percepción del esfuerzo y la resistencia al ejercicio.
- 3) Conocer si existen diferencias en las respuestas de la función pulmonar, la percepción del esfuerzo y la resistencia al ejercicio en sujetos fumadores y no fumadores sometidos a un protocolo de entrenamiento específico de la musculatura inspiratoria.

CAPITULO II

MARCO DE REFERENCIA

1. Marco contextual.

Tabaquismo: Epidemiología y situación en Chile.

El tabaco produce el deceso de casi seis millones de personas anualmente, incluyendo más de medio millón de no fumadoras, y es directamente responsable de 10% de muertes de adultos a nivel mundial. El consumo de tabaco (CT) se asocia a múltiples consecuencias perjudiciales para la salud y contribuye al 40% de las muertes cardiovasculares y al 18% de las cerebrovasculares.

En Chile el tabaquismo no parece ceder terreno, en el año 2003 existía una prevalencia de CT en Santiago de Chile menor que en países desarrollados como Estados Unidos de Norteamérica, Gran Bretaña o Canadá (Rojas et al.2003), pero actualmente esta situación es inversa, lo que parece indicar que en la población chilena hay una menor proporción de personas que han dejado de fumar. El CT en Chile ha disminuido menos que en países desarrollados con esfuerzos en prevención más intensos y continuos, cuyas experiencias indican que es posible disminuir de manera importante el CT.

La prevalencia de tabaquismo en médicos chilenos es similar a la observada en otros países, a pesar de la mayor prevalencia en la población general. Sin embargo, sólo un poco más de la mitad de los médicos realiza educación con respecto al tabaco y un estudio exploratorio ha mostrado que la frecuencia con que lo hacen se relaciona con su propio CT, por lo que una intervención futura a este nivel podría tener un impacto en disminuir la prevalencia de tabaquismo en Chile.

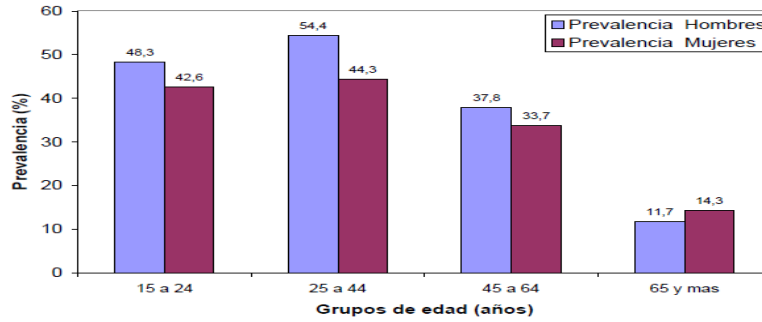
Actualmente un tercio de la población mundial de 15 años o más es fumadora (Murray Cjl. et al, 1997). El mayor determinante de problemas de salud pública es el aumento de la mortalidad y discapacidad asociada al tabaquismo. Se proyecta un aumento de las muertes asociadas al consumo de tabaco desde 3 millones registradas en 1990 a cerca de 8,4 millones en 2020, lo cual situará al tabaco como el mayor problema de salud pública mundial (Collishaw et al, 1996). En Chile la tasa de tabaquismo según la Encuesta Nacional de Salud 2003, asciende a 42% (48% en hombres y 37% en mujeres); y en individuos entre 17 y 24 años es de 55% (61% en hombres y 47% en mujeres). Según el Séptimo Estudio Nacional de Drogas en Población General de Chile, de Conace 2006, la tasa de consumo de tabaco en el último mes es de 40,9% (43% en hombres y 39% en mujeres); en individuos entre 19 y 25 años es de 52%⁴. En estudios realizados en universitarios: la prevalencia de tabaquismo en estudiantes de la Universidad de Concepción es de 44%⁵. En el caso de estudiantes de Medicina, no debe dejar de citarse el estudio pionero de prevalencia de tabaquismo, realizado por Cruz et al en 1985, que describe un valor cercano al 36%⁶; otro estudio más reciente en la Universidad de Valparaíso reporta una tasa de tabaquismo en estudiantes de Medicina de 23,6%⁷.

Según el Minsal en Chile más de 41 personas mueren cada día por enfermedades asociadas al tabaco, 1 chileno cada media hora.

Si se disminuyera el consumo de tabaco de 43% a 30%, evitaría 2.694 muertes anuales. El gasto en enfermedades asociadas a tabaquismo es de US\$1.140 millones, de un presupuesto total para Chile de US\$ 6.000 millones: 18.3% (Ministro de Salud).

Según la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2009-2010:

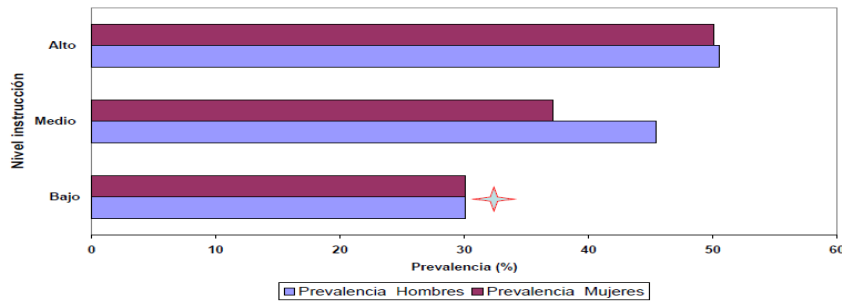
Prevalencia Tabaquismo actual (*), según sexo y edad ENS 2009-2010



(*) Fumador Diario y ocasional
73% fumadores chilenos son fumadores diarios

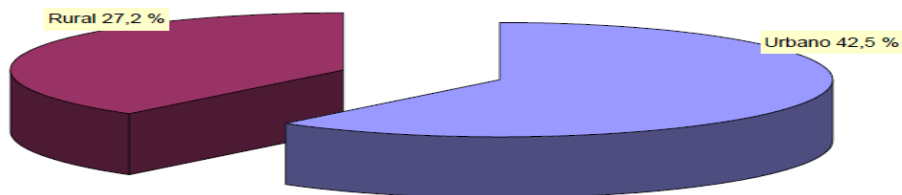
Pais= 40,6,%
Hombres : 44,2 % Mujeres : 37,1%

Tabaquismo actual, según sexo y nivel educacional. ENS 2009-2010

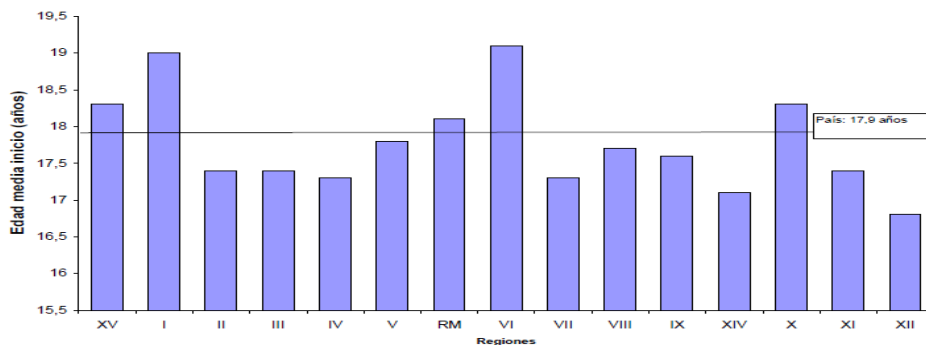


el 27,2%
de la población
vive en zonas
rurales

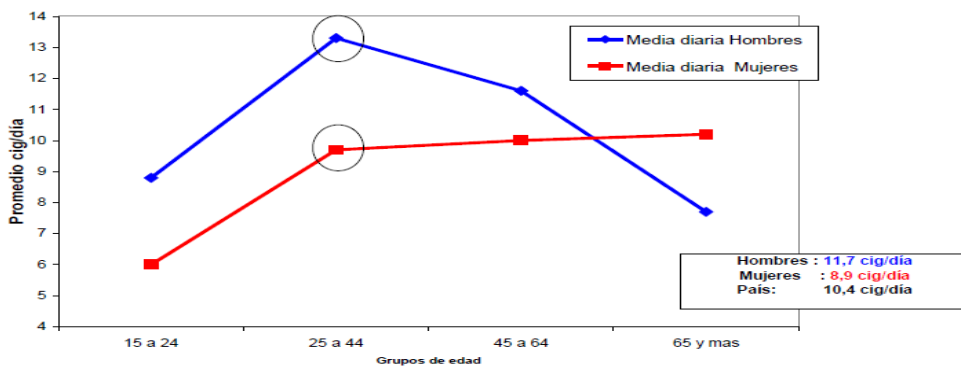
Tabaquismo actual, según zona de residencia, Chile, ENS 2009-2010



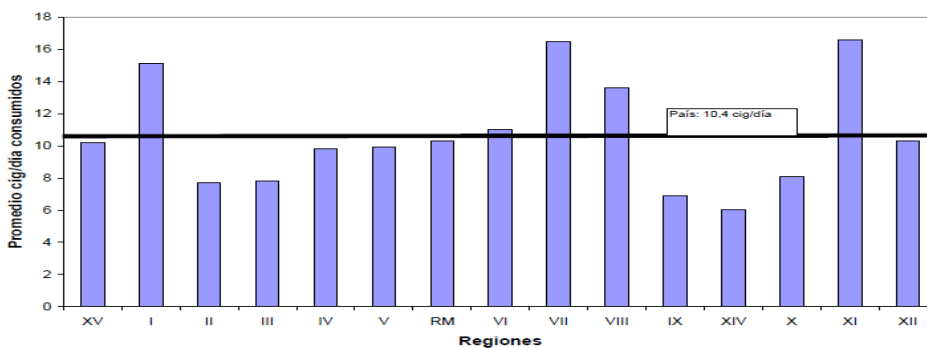
Edad promedio de inicio en el hábito de fumar, según regiones del país, ENS 2009-2010

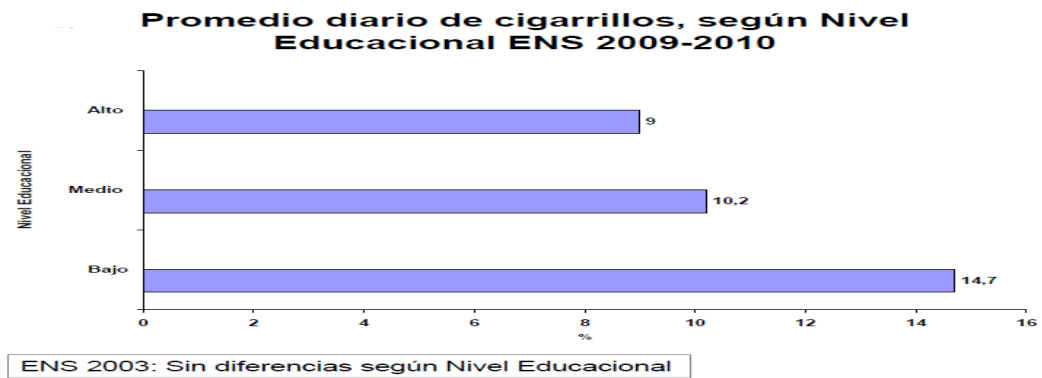


Promedio diario de cigarrillos consumidos, según sexo y edad ENS 2009-2010



Consumo promedio diario de cigarrillos, según Región, ENS 2009-2010





2. Marco teórico.

El sistema respiratorio: Anatomía y mecánica ventilatoria.

1) Anatomía.

El sistema respiratorio tiene como función principal el generar el intercambio gaseoso, lo cual es posible sometiendo en contacto el aire atmosférico con la sangre.

Existen tres grupos de estructuras que favorecen el intercambio gaseoso, las cuales poseen características y funciones diferentes, que actuando de manera simultánea hacen posible la función principal del sistema respiratorio.

Entre ellas podemos nombrar:

- a) Área de intercambio gaseoso.
- b) Vías de conducción aérea.

c) Caja torácica con funciones de protección y movimiento.

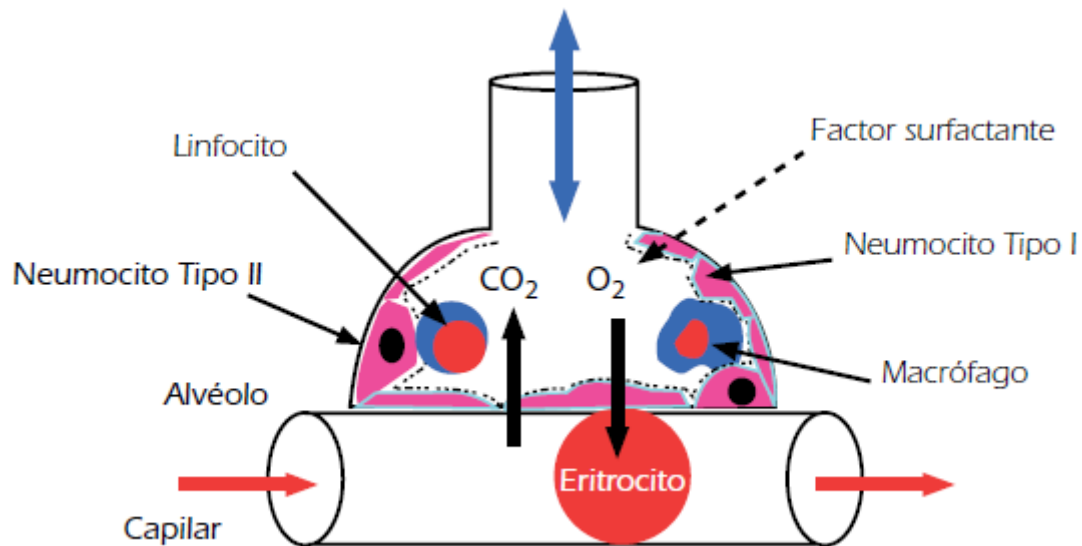
a) Área de intercambio gaseoso.

El principal lugar o área de intercambio gaseoso es en los alveolos, los cuales son estructuras prácticamente hemisféricas, huecas y de aproximadamente 250 μm . de diámetro, en donde se aloja un contenido aéreo que se encuentra en permanente renovación y que en sus paredes circula sangre gracias a una densa malla capilar.

El alveolo contiene células especializadas en a lo largo de toda su estructura, las cuales son llamadas Neumocitos tipo I y tipo II, estas se diferencian en que las primeras se caracterizan por presentarse en un número menor de células por unidad alveolar pero a su vez abarcan un mayor rango de superficie alveolar de prácticamente un 90% , producto a su morfología que a diferencia de los Neumocitos tipo II que son células cuboideas, los Neumocitos tipo I son células planas y extensas que además gracias a su interacción entre los capilares y una capa de tejido intersticial generan una función de sostén que mantiene la indemnidad del alveolo.

La función principal y más importante de los Neumocitos tipo II, es que son capaces de sintetizar surfactante pulmonar, la cual es una sustancia encargada de generar una disminución de la tensión superficial de la capa de líquido que recubre la superficie interna de los alveolos, impidiendo de esta forma la tendencia al colapso alveolar.

Además es importante mencionar que si el número de Neumocitos tipo I disminuye son justamente los tipo II los que proliferan para reparar los daños, dado que se encuentran en un número mayor que los tipos I y además poseen estrecha relación con células de carácter defensivo, como los macrófagos, que gracias a su función fagocitaria favorecen la respuesta inmunológica.



Los alveolos se encuentran como depresiones redondeadas en la pared de espacios esféricos llamados sacos alveolares que confluyen en espacios tubulares llamados ductos, estos se unen dado origen a un bronquiolo respiratorio, estructura de conducción aérea, pero con presencia de algunos alveolos en sus paredes. Posteriormente 4 a 7 generaciones un grupo de bronquiolos respiratorios confluye en un bronquiolo terminal que carece totalmente de alveolos, constituyéndose exclusivamente en vía de conducción.

Para agrupar estas diferentes estructuras, se han descrito 3 unidades:

Lobulillo Primario: Conjunto de los ductos, sacos y alveolos alimentados por un bronquiolo respiratorio.

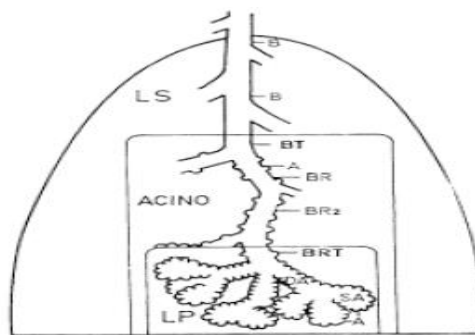
Acino: Territorio alveolar que tributa de un bronquio terminal.

Lobulillo Secundario: Es la menor porción de parénquima pulmonar delimitada por tabiques fibrosos, con un diámetro que oscila entre 1 y 2,5 cm.

A estos elementos, llenos de aire, se unen vasos sanguíneos y linfáticos, formando el parénquima pulmonar. Las ramas de la arteria pulmonar, que llevan la sangre venosa hacia los alvéolos, acompañan a los bronquios en todas sus divisiones. A nivel de los bronquiolos terminales pierden su capa muscular transformándose en arteriolas, que dan origen a una densa malla capilar en estrecho contacto con los alvéolos.

Las vénulas pulmonares que nacen de los capilares alveolares se dirigen a la periferia del lobulillo secundario, confluyendo en venas que se incorporan a los tabiques fibrosos interlobulillares e interlobulares de manera que su trayecto es diferente al de los bronquios y arterias.

El pulmón también recibe arterializada sangre a través de las arterias bronquiales, que nacen de la aorta o de las intercostales y aportan la circulación nutritiva a los bronquios. Sus venas desembocan en las venas pulmonares, mezclándose con la sangre ya arterializada.



Estructuras periféricas del pulmón. A: alvéolos SA: saco alveolar B: bronquiolos respiratorios. BT: bronquiolos terminal. B: bronquiolos. LP: lobulillo primario. LS: lobulillo secundario.

b) Vías de conducción aérea.

La sangre circulante por los capilares alveolares extrae el O₂ alveolar y lo carga de CO₂, por lo que resulta necesario que este aire se renueve constantemente, lo cual se logra gracias a la ventilación con aire ambiental y las vías aéreas, dado que son el medio de conexión entre el alveolo y el ambiente exterior.

La vía aérea se inicia en la nariz donde el aire inspirado es acondicionado a unos 37° C gracias a una rica vascularización de su mucosa, dispuesta en una superficie ampliada por la presencia de cornetes. Además el tortuoso conducto aéreo sumado a la adhesividad de la capa de mucus que posee y la presencia de vellosidades proporciona barreras físicas a parte importante de partículas no deseadas y que se encuentran en suspensión. Pero no solo este sistema de

defensa es el existente, las defensas mecánicas son complementadas por el reflejo del estornudo, la presencia de tejido linfoideo y anticuerpos.

La vía aérea continúa con la faringe, donde se conecta con la boca que constituye una entrada alterna para el aire cuando hay obstrucción nasal y cuando se existe un mayor requerimiento de ventilación. La permeabilidad faríngea se mantiene gracias a una adecuada tonicidad de los músculos linguales y faríngeos, evitando así el colapso y la obstrucción al flujo inspiratorio.

Posteriormente encontramos la laringe órgano muscular cartilaginosa de la fonación que se sitúa en la convergencia de las vías respiratorias y la vía digestiva. Dada esta circunstancia anatómica es que existe un sistema de protección que evita que alimentos ingresen hacia la vía respiratoria durante la deglución o el vómito. Dicho mecanismo de protección consiste en un ascenso de la laringe hacia la base de la lengua, una contracción de músculos laríngeos intrínsecos y el cierre de epiglotis. Y por último y no por eso menos importante la laringe participa también en el importantísimo reflejo defensivo de la tos mediante el cierre de la glotis mediante la fase de compresión del aire intrapulmonar y de su brusca apertura en la fase expulsiva.

Las vías respiratorias infra laríngeas adoptan una forma de árbol, que cuyo tronco es la tráquea, la cual tras un trayecto de 12 a 15 cm, genera por división dicotómica asimétrica alrededor de 23 generaciones de ramas, 16 de las cuales son exclusivamente conductoras.

La tráquea está situada en la línea media dentro del tórax y ligeramente desviada a la derecha por el arco aórtico. Su estabilidad es asegurada gracias a la existencia múltiples cartílagos en forma de C abierta hacia el dorso. En sus extremos estos cartílagos se insertan a haces musculares, los cuales generan una contracción que estrecha el lumen del conducto, lo cual permite acelerar considerablemente la velocidad del flujo espiratorio durante la tos, con la consiguiente mayor capacidad expulsiva.

Al igual que en las vías superiores, todo el árbol bronquial esta tapizado por una mucosa que tiene un epitelio ciliado que, en combinación con las glándulas mucosas, constituyen el mecanismo mucociliar.

A la altura del manubrio esternal, la tráquea se bifurca en los bronquios principales derecho e izquierdo, bifurcación más conocida como carina. Dado que el bronquio derecho se desvía menos del eje de la tráquea, es más frecuente que los cuerpos extraños aspirados y las sondas introducidas por la tráquea se desvíen hacia el pulmón derecho. Por sucesivas dicotomías se forman alrededor de 11 generaciones de bronquios para los diferentes lóbulos, segmentos y subsegmentos. Estos conductos se caracterizan por presentar placas de cartílago incompletas, que son más escasas a medida que se avanza hacia la periferia. En cambio, las fibras musculares son abundantes y envuelven la vía aérea como una red helicoidal que llega hasta los bronquiolos respiratorios.

El tejido alveolar y las vías aéreas, a partir de la porción distal de los bronquios fuente, se disponen organizadamente con un soporte de tabiques fibrosos, formando los pulmones derecho e izquierdo, envueltos por sus respectivas serosas pleurales. Su forma es aproximadamente cónica como la de la caja torácica que los contiene.

Los vértices pulmonares llegan a los huecos supraclaviculares donde contactan con las ramas nerviosas del plexo braquial y con los troncos arteriales y venosos de las extremidades superiores.

Las bases son cóncavas y descansan sobre las cúpulas convexas del diafragma, con una relación de vecindad indirecta con el hígado a la derecha y con el estómago y bazo a la izquierda. La cara costal de los pulmones es convexa y está expuesta a ser lesionada en traumas de la pared costal.

El conjunto de bronquios, vasos y nervios que entran o salen del pulmón, lo hacen por la parte media de la cara mediastínica, formando una especie de tallo denominado hilio, identificable a rayos X. En cada hilio se encuentran ganglios, a los que drenan los linfáticos del órgano y que, a su vez, son tributarios de ganglios mediastínicos y del cuello.

Cada pulmón presenta una gran fisura oblicua que se dirige desde la parte alta de la cara posterior a la parte anterior del borde inferior. Esta fisura es profunda y llega hasta cerca del

hilio, dividiendo el pulmón en un lóbulo superior y otro inferior. Al lado derecho se agrega otra fisura profunda que parte del plano medial a la altura del 4° cartílago costal y se dirige horizontalmente hasta terminar en la cisura oblicua, separándose así un tercer lóbulo, llamado medio. La pleura visceral envuelve casi completamente cada lóbulo penetrando hasta el fondo de las cisuras.

Dentro de cada lóbulo se distinguen segmentos o áreas de pulmón relativamente delimitadas por tabiques fibrosos que dependen de un bronquio de tercera generación. En el pulmón derecho reconocemos tres lóbulos: superior, medio e inferior. Los tres se sobre proyectan en la radiografía frontal. El lóbulo superior derecho está separado del lóbulo medio por la cisura pleural horizontal y del lóbulo inferior por la cisura mayor u oblicua.

En condiciones normales, la cisura horizontal o menor es visible en la radiografía frontal y lateral. La cisura mayor en cambio, en condiciones normales es solo visible en la radiografía lateral.

c) Caja Torácica.

Los principales componentes de la caja torácica son huesos que, por su rigidez brindan protección, y músculos respiratorios de cuya actividad depende la ventilación. La jaula ósea está constituida por la columna vertebral, sobre la cual articulan las 12 costillas de cada hemitórax. El movimiento en sentido cráneo-caudal de estos arcos óseos ha sido comparado a la del asa de un balde cuyos puntos de giro son, en su extremo anterior el esternón y en el posterior la columna. Al elevarse el vértice del arco, que en reposo se encuentra más bajo que los puntos de giro, se produce su alejamiento de la línea media a medida que la costilla se acerca hacia la horizontal. Esto significa un aumento del diámetro transversal del tórax con lo que baja la presión de su contenido y penetra aire al aparato respiratorio. Lo inverso sucede al bajar las costillas a su posición de reposo.

Insertándose en esta estructura ósea de apoyo, los músculos respiratorios proveen la energía mecánica que cambia rítmicamente el volumen del tórax y abdomen, produciendo los cambios de presión que movilizan el aire.

2) Mecánica Respiratoria.

La mecánica respiratoria es un conjunto de fenómenos mecánicos que permiten la ventilación, siendo esta última el proceso mediante el cual se renueva cíclicamente el aire alveolar, alternando la entrada de aire o inspiración y la salida de este o espiración. Este conjunto de fenómenos llamada ocurre dentro del aparato respiratorio, en el cual conviene diferenciar los siguientes componentes:

- Las vías aéreas: Tubos de calibre regulable que comunican el exterior con la superficie de intercambio.
- El tórax: Continente protector del pulmón y motor de la ventilación.
- El pulmón: Extensa superficie de intercambio gaseoso entre aire y sangre, carente de motilidad propia.

El aparato respiratorio posee características estructurales y funcionales determinantes a la hora de lograr una mecánica eficiente, de las cuales es importante notar:

- I. Dimensiones del aparato respiratorio.
- II. Presiones que se generan.
- III. Fuerzas que lo mueven.
- IV. Resistencias a la ventilación.
- V. Flujos resultantes.
- VI. Rendimiento y eficacia mecánica.

A continuación desarrollaremos en términos generales los cuatro primeros puntos.

I. Dimensiones del aparato respiratorio.

Estas se pueden medir de forma indirecta a través de su contenido aéreo mediante espirómetro, procedimiento que se analizara detalladamente más adelante. La curva que se obtiene de esta medición refleja básicamente 4 niveles de respiración: Nivel final de espiración normal, nivel final de inspiración normal, nivel de espiración máxima y el nivel de inspiración máxima. La cantidad de aire que se encuentran entre dos niveles contiguos se denomina volúmenes y la suma de dos o más de estos, capacidades.

- Volumen corriente (VC). Cantidad de aire que entra en una inspiración o sale en una espiración, en las condiciones de actividad que se especifiquen, a saber, en reposo o actividad.
- Volumen de reserva inspiratoria (VRI). Cantidad máxima de aire que se puede inspirar por sobre el nivel de inspiración espontánea en reposo.
- Volumen de reserva espiratoria (VRE). Cantidad de aire que se puede expulsar a partir del nivel espiratorio espontáneo normal.
- Volumen residual (VR). Cantidad de aire que queda en el pulmón después de una espiración forzada máxima.
- Capacidad pulmonar total (CPT). Cantidad de gas contenido en el pulmón en inspiración máxima. Corresponde la suma de los cuatro volúmenes ya descritos.
- Capacidad vital (CV). Cantidad total de aire movilizado entre una inspiración y espiración máxima. Incluye el volumen corriente y los volúmenes de reserva inspiratoria y espiratoria.
- Capacidad inspiratoria (CI). Máximo volumen de gas que puede inspirarse a partir de una espiración normal. Comprende los volúmenes corriente y de reserva inspiratoria.
- Capacidad residual funcional (CRF). Volumen de gas que permanece en el pulmón al término de la espiración normal y representa la suma del volumen residual y volumen de reserva espiratoria.

1.2. Volúmenes y capacidad residuales.

El volumen residual (VR) es el aire que queda en el pulmón después de una espiración forzada máxima, por lo que no se puede medir en la espirometría, debiendo recurrirse a métodos indirectos de mayor complejidad. Sumado al volumen de reserva espiratoria, constituye la capacidad residual funcional (CRF), que es la cantidad de gas que se mantiene en el pulmón durante la respiración espontánea.

En cifras absolutas, el VR de un hombre de 20 años, 1,70 m de estatura, con una CPT de 6 L, es de aproximadamente 1,8 L. Existen valores de referencia que permiten establecer si el paciente tiene alteraciones o no de los volúmenes y capacidades.

II. Presiones que se generan.

Las presiones con que nos encontraremos son las siguientes:

a) Presión atmosférica. Convencionalmente se la considera como punto de referencia cero, expresándose las demás presiones como diferencias positivas o negativas en relación con ella.

b) Presión en la boca o entrada del aparato respiratorio. En situación estática, sin flujo de aire y con la boca abierta, es igual a la atmosférica y a la de las vías aéreas y alvéolos. Cuando hay movimientos respiratorios oscila levemente por encima o por debajo de la presión atmosférica, según la fase de la respiración.

c) Presión en las vías aéreas. Según la dirección del flujo, es decreciente hacia el alvéolo o hacia la boca.

d) Presión alveolar. En condiciones estáticas y con la glotis abierta es igual a la presión atmosférica pero, por efecto de los movimientos del tórax, se hace mayor o menor que la de la boca, generando el flujo a través de las vías aéreas.

e) Presión pleural (Ppl). Es habitualmente subatmosférica o negativa, porque el tamaño de reposo del pulmón es menor que el del tórax. La posición de reposo del pulmón aislado se encuentra por debajo de la CRF y la posición de reposo del tórax por sobre la CRF. Por consiguiente, a este volumen pulmonar el espacio pleural está sometido a fuerzas opuestas que tienden a ampliarlo y, como este espacio es cerrado, se desarrolla una presión negativa en su interior. La Ppl puede medirse directamente insertando una aguja en el espacio pleural, pero habitualmente se evalúa en forma indirecta a través de la presión intraesofágica, que la representa adecuadamente y cuya medición es menos invasiva. Para ello, se introduce un catéter plástico provisto de un balón de látex en su extremo hasta el tercio inferior del esófago. Las presiones así registradas representan la presión pleural media.

d) Presión transpulmonar (Ptp). Es la diferencia entre la presión en la boca y la presión pleural. En condiciones estáticas determina el grado de distensión del pulmón; en condiciones dinámicas debe, además, vencer las resistencias opuestas al movimiento del aire.

III. Fuerzas que lo mueven

3.1) Inspiración.

La fase inspiratoria corresponde a la movilización de gas desde la atmosfera hacia los alveolos. En condiciones normales, es decir, en ausencia de apoyo mecánico, ella es producida *siempre* por la acción de los músculos de la inspiración, dentro de los que pueden caracterizarse tres diferentes grupos: los músculos productores de la fase, los facilitadores de la fase, y los accesorios de la fase.

El principal musculo productor de la fase inspiratoria es el diafragma puesto que su acción genera aproximadamente el 80% del trabajo requerido para que esta se produzca. A su acción se suma la contracción de los intercostales extremos con que se adquiere la totalidad de la fuerza necesaria para la inspiración. No obstante, si no existe trabajo de los intercostales

(carencia de inervación, por ejemplo), el diafragma es capaz de asumir la totalidad del trabajo requerido.

Al producirse la contracción de los músculos de la inspiración, el diafragma desciende hacia la cavidad abdominal generando aumento en los diámetros longitudinal, anteroposterior y transversal del tórax. Simultáneamente, los intercostales externos tienden a incrementar los diámetros anteroposterior y transversal por el movimiento en "asa de balde" que su acción produce en las costillas.

- Diafragma.

El diafragma es el principal músculo de la respiración y se contrae con una frecuencia de por lo menos 10 veces por minuto durante toda la vida. Esta actividad continua es posible debido a que, si bien es un músculo esquelético, tiene características bioquímicas y enzimáticas que lo asemejan al miocardio: su contenido de mitocondrias y citocromo-oxidasas, su capacidad de metabolizar lactato y su flujo sanguíneo son intermedios entre los músculos esqueléticos y el miocardio. Estas cualidades permiten que el diafragma cumpla su papel de órgano esencial para la vida. Este carácter crucial del diafragma se ve confirmado por el hecho que en insuficiencias circulatorias graves, como el shock, son el diafragma, corazón y cerebro los órganos que reciben prácticamente todo el flujo sanguíneo disponible, quedando el resto del organismo con una mínima irrigación.

El diafragma tiene una morfología única entre los músculos esqueléticos, ya que sus fibras nacen de un tendón central y se dirigen radialmente hacia sus inserciones periféricas.

Una parte de ellas se inserta en las 6 costillas inferiores y el esternón (diafragma costal) y la otra, en las primeras vértebras lumbares (diafragma crural). Está inervado por los nervios frénicos cuyas raíces se originan desde C3 a C5.

El flujo sanguíneo lo recibe de las arterias mamaria interna, intercostales y frénicas inferiores que presentan abundantes anastomosis entre ellas y forman una red alrededor del tendón

central. Esta buena perfusión del diafragma, permite que su flujo sanguíneo pueda aumentar 5 a 6 veces cuando trabaja contra una carga respiratoria patológicamente aumentada.

Las fibras del diafragma parten del tendón central en forma radiada y en su primera porción forman las cúpulas diafragmáticas dispuestas transversalmente, con su convexidad hacia el tórax. Hacia la periferia, las fibras musculares toman una dirección cráneo-caudal, adosándose a la cara interna de la caja torácica, para finalmente insertarse en las costillas inferiores. Se forma así una zona de aposición, que permite que la presión intraabdominal actúe sobre la parrilla costal inferior. En posición de pies, la zona de aposición representa 1/3 de la superficie endotorácica del músculo. Estas características morfológicas determinan que la contracción del diafragma aumente el tamaño del tórax en todos sus ejes.

3.2) Espiración.

Una vez finalizada la inspiración comienza la fase espiratoria. Para que esta se produzca, deben existir tres condiciones iniciales: 1. El gradiente de presión de la fase inspiratoria debe haber desaparecido, es decir, la presión intra-alveolar debe ser atmosférica; 2. El volumen intrapulmonar debe ser superior al volumen de reposo; y 3. Los músculos de la inspiración deben relajarse.

Posteriormente debe producirse un gradiente de presión que promueva el desplazamiento de gases desde el alveolo hacia la atmosfera, es decir, debe generarse presión supra-atmosférica intratorácica para que se produzca el vaciado pulmonar.

A diferencia de la fase inspiratoria, para la espiración normal no existen músculos productores de la fase aunque si existen músculos facilitadores y accesorios.

Aquí surge un interrogante: ¿Si no existen músculos productores de la espiración, como se genera el gradiente de presión para que la fase se produzca? La respuesta la brinda el concepto de elasticidad pulmonar, la cual se explica en el marco de la definición física de elasticidad, la

cual expresa que: Elasticidad es la propiedad que tiene un cuerpo de recobrar su posición original, una vez que desaparece la fuerza que previamente lo ha deformado.

3.3) Evaluación de la función muscular respiratoria.

Por la forma de inserción y tipo de efectos que tiene la musculatura respiratoria, resulta imposible medir directamente las características que se miden fácilmente en un músculo esquelético: fuerza generada, velocidad de contracción y grado de acortamiento. Por ello se utiliza las presiones como índice de fuerza (fuerza = presión/área); el flujo aéreo alcanzado, como índice de velocidad de contracción y el cambio de volumen pulmonar como expresión del acortamiento muscular.

El parámetro de fuerza muscular inspiratoria más usado en clínica es la presión inspiratoria máxima (PIMax) que se mide realizando al nivel de CRF un esfuerzo inspiratorio voluntario máximo, contra una válvula con la rama inspiratoria ocluida. En esta maniobra se mide la fuerza de todos los músculos inspiratorios en conjunto y tiene la ventaja de ser simple y no invasiva. Además de medir el nivel máximo de presión inspiratoria alcanzada debe determinarse el nivel que el paciente mantiene un segundo después de alcanzado el máximo (Presión inspiratoria máxima sostenible).

La fuerza máxima que desarrollan los músculos inspiratorios depende de la edad del individuo: el valor más alto se alcanza alrededor de los 20 años y decrece a razón de 0,5 cmH₂O por año de edad. Las mujeres generan aproximadamente un 75% de las presiones máximas que generan los hombres. Las cifras normales de PImax para un sujeto pueden predecirse a partir de su sexo y edad, pero el rango de variación del valor así calculado es muy amplio por diferencias individuales de contextura general, estado nutricional y actividad física. En todo caso, se considera como anormal un valor inferior a 70 cm H₂O para los hombres y de 50 cm H₂O para las mujeres.

Durante la respiración tranquila existe una importante reserva muscular, ya que normalmente se utiliza menos del 10% de la presión transdiafragmática máxima (Pdi max). En condiciones de mayor exigencia ventilatoria, este porcentaje aumenta, pero mientras no se sobrepase el 40% de la Pdi max, la ventilación se puede mantener indefinidamente, siempre que la duración de la espiración sea normal (60% de la duración total del ciclo respiratorio), ya que es en esta fase cuando los músculos inspiratorios descansan y se recuperan. El uso de presiones superiores al 40% de la capacidad máxima conduce a fatiga muscular inspiratoria: un individuo normal usando el 60-70% de su Pdi max no tolera más de 4 a 5 minutos. Por otra parte, la fatiga se puede producir con porcentajes menores de Pdi max si se alarga el tiempo inspiratorio, reduciéndose el tiempo de reposo espiratorio.

La función de la musculatura espiratoria tiene un rol menos crítico porque la espiración normal es un fenómeno pasivo que se produce gracias a la energía elástica acumulada durante la inspiración.

IV. Resistencias a la ventilación.

Para lograr la movilización del aire, los músculos respiratorios deben vencer 2 tipos de fuerzas que se oponen a ello:

- a) La elasticidad del pulmón y tórax que tienden a mantener a estas estructuras en su posición de equilibrio de final de espiración. Este obstáculo, denominado elastancia, tiene la particularidad que la energía que se invierte en vencerlo se recupera al dejar que el cuerpo deformado vuelva por sí mismo a su posición de partida.
- b) Las resistencias friccionales que se deben principalmente al roce del aire en las vías aéreas y, en menor grado, a la fricción interna de los tejidos del aparato respiratorio. La energía invertida en vencer estas resistencias no es recuperable.

En suma lo básico es que durante la inspiración corriente los músculos vencen la fuerza de retracción elástica y resistencias friccionales, mientras que en la espiración basta que los músculos se relajen para que el aire salga. Sólo en maniobras que requieren espiración forzada contra algún obstáculo y en ventilaciones sobre 20 L/min intervienen los músculos espiratorios.

4.1) Concepto de distensibilidad (compliance).

En la medida en que se aplique presión al pulmón se generara un cambio de volumen por cada unidad de presión aplicada, fenómeno denominado distensibilidad pulmonar, la cual puede medirse a través de la siguiente ecuación: Distensibilidad (D) igual a Delta de Volumen (ΔV) sobre Delta de presión (ΔP)

$$D = \Delta V / \Delta P$$

La distensibilidad no se refiere exclusivamente a la capacidad del pulmón para modificar su volumen en respuesta a la aplicación de presión a su alrededor. Ella involucra también la capacidad de la caja torácica para expandirse durante la fase inspiratoria. Por esto, es conveniente diferenciar diversas tipificaciones del fenómeno:

- a) Distensibilidad estática: Es el cambio de volumen pulmonar debido a la aplicación de una unidad de presión. Se denomina estática cuando la medición se realiza en ausencia de flujo y representa la distensibilidad del pulmón exclusivamente. Se mide modificando la fórmula original ($D = \Delta V / \Delta P$), en la expresión:

$$DE = VT \text{ espirado} / \text{presión de meseta inspiratoria}$$

(DE = Distensibilidad estática; VT = Volumen Corriente)

- b) Distensibilidad dinámica: Es el cambio de volumen del conjunto toraco-pulmonar por cada unidad de presión aplicada. Representa entonces, la capacidad de adaptación tanto

del pulmón como de la caja torácica en condiciones dinámicas de movimiento hasta el final de la fase, se mide a través de la expresión:

$$\mathbf{Dd = VT Inspirado / Presión Inspiratoria Máxima}$$

(Dd = Distensibilidad dinámica)

4.2) Concepto de Tensión superficial.

La tensión superficial es un importante determinante de la elasticidad pulmonar, que no está ligado a elementos estructurales, sino que es una fuerza física presente en la superficie o interface de contacto líquido-aire. Actúa sobre las moléculas superficiales del líquido, atrayéndolas entre sí y hacia su centro geométrico.

Cada alvéolo está internamente cubierto de una película de agua, la cual se comporta como una burbuja que, por acción de la tensión superficial en la interface líquido-aire, tiende a achicarse y colapsarse.

Si aumenta la tensión superficial se favorece el colapso, necesiéndose mayor presión para impedirlo, mientras que si aumenta el radio del alveolo, que tiene una relación inversa, disminuye la tendencia al colapso. Esto explica que, en alvéolos bien inflados, se necesite una pequeña presión para impedir el colapso; en cambio, en los alvéolos de radio reducido, como sucede normalmente en el recién nacido y en los alvéolos basales del adulto o en algunas condiciones patológicas (hipoventilación, edema alveolar), la presión positiva intraalveolar o negativa peri-alveolar necesaria para distender esos alvéolos y mantenerlos distendidos es considerablemente mayor.

4.3) Resistencia en la vía aérea.

La resistencia que opone la vía aérea al movimiento del aire se debe al roce de éste con las paredes de los conductos. Se mide a través de la presión necesaria para obtener un flujo aéreo de 1 litro por segundo. Representa el 80% o más de las resistencias friccionales que se oponen a los movimientos ventilatorios. El otro 20% corresponde a la resistencia friccional de los tejidos,

que no analizaremos mayormente, por su menor importancia y dificultades para su medición en clínica.

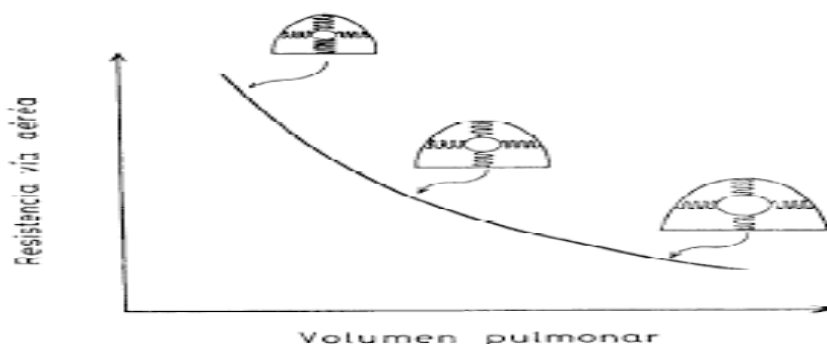
DISTRIBUCIÓN DE LA RESISTENCIA EN LA VÍA AÉREA

cm H₂O / L /seg

Laringe y faringe	0,5
Bronquios mayores de 2 mm de diámetro hasta 9ª generación	0,5
Bronquios menores de 2 mm sobre 9ª generación	0,2
Total	1,2

4.4) Relación entre la resistencia de la vía aérea y el volumen pulmonar.

La resistencia de la vía aérea varía inversamente en relación al volumen pulmonar, siguiendo una curva que no es lineal.



En la figura anterior podemos ver la relación entre volumen pulmonar y resistencia de la vía aérea. Las figuras situadas a la derecha de la curva representan el pulmón, el tejido elástico pulmonar y la vía aérea. Al aumentar el volumen pulmonar se estira el tejido elástico, lo que dilata la vía aérea y disminuye su resistencia.

4.5) Resistencias durante respiraciones tranquilas y forzadas.

Durante la inspiración el esfuerzo desplegado distiende la vía aérea y la limitante principal del flujo es la presión que el sujeto es capaz de generar por acción de su musculatura inspiratoria, lo que depende de su velocidad de contracción. Durante la espiración forzada, en cambio, el aumento del esfuerzo espiratorio incrementa la presión alveolar que impulsa el flujo pero también comprime la vía aérea, por lo que la resistencia espiratoria aumenta. De esta manera, un mayor esfuerzo espiratorio crea su propia mayor resistencia, fijándose un flujo máximo que es imposible de sobrepasar, por más esfuerzo voluntario que se haga.

Lo fundamental es que los flujos máximos en espiración forzada dependen del esfuerzo mientras el volumen pulmonar es alto y, en cambio, con volúmenes pulmonares bajo el 70% de la CV el flujo máximo es determinado por:

- a) La magnitud de la presión de retracción elástica, que es la propulsora del flujo y es independiente de la voluntad.
- b) La resistencia que opone la vía aérea al paso del aire entre el alvéolo y el sitio donde se produce la compresión dinámica (aumento de la resistencia en la vía aérea durante la espiración forzada).

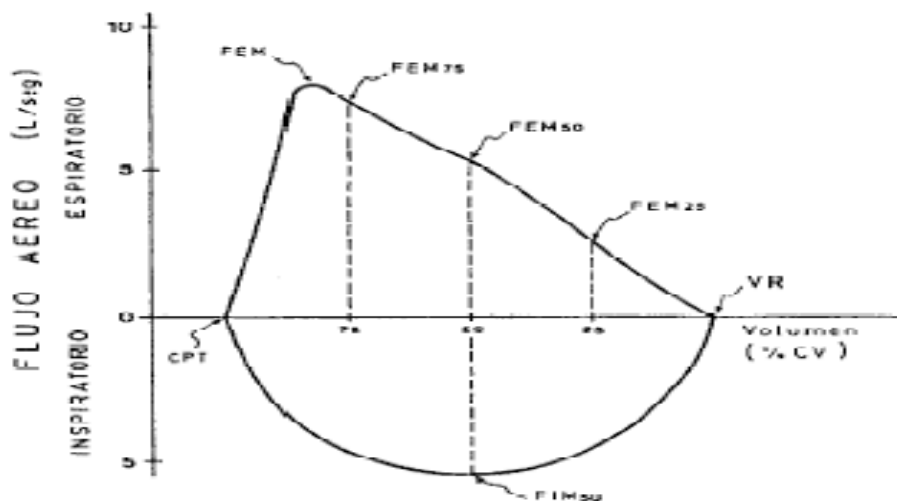
A volúmenes pulmonares altos, la compresión dinámica tiene lugar en la tráquea y grandes bronquios que no son colapsables. A medida que el volumen pulmonar y la presión de retracción elástica del pulmón disminuyen, los puntos de igual presión (punto donde se igualan la presión intrabronquial y extrabronquial produciéndose un poco más allá el colapso de la vía aérea) se desplazan progresivamente hacia las vías aéreas más periféricas. Así mismo, cuando existe un aumento de la resistencia de la vía aérea o cuando la presión de retracción elástica está patológicamente disminuida, los puntos de igual presión se desplazan hacia la periferia y los flujos espiratorios máximos disminuyen. En consecuencia, los flujos espiratorios máximos

son dependientes de las características mecánicas del pulmón, por lo que esta maniobra es empleada en su evaluación funcional.

4.6) Curva Flujo Volumen.

La relación entre volumen pulmonar y flujos espiratorios e inspiratorios máximos puede representarse gráficamente mediante la curva flujo-volumen. Esta se obtiene registrando en un gráfico de coordenadas el volumen pulmonar y el flujo aéreo durante una espiración forzada desde CPT hasta VR y desde allí una inspiración forzada hasta CPT. Los cambios de volumen pulmonar se inscriben en el eje horizontal, y se expresan como porcentaje de la CV, mientras que los flujos aéreos inspiratorio y espiratorio, se representan en el eje vertical.

La siguiente figura muestra que un sujeto que inspira hasta CPT, expira forzosamente hasta VR y luego inspira forzosamente hasta CPT. En la ordenada se grafican los flujos espiratorio e inspiratorio y en la abscisa el volumen pulmonar. Para analizar la curva se miden el flujo máximo espiratorio (FEM), los flujos espiratorios a 75, 50 y 25% de CV, así como también el flujo inspiratorio máximo al 50% de CV.



Se puede observar que la curva espiratoria es aproximadamente triangular y que el máximo flujo espiratorio se alcanza a volúmenes pulmonares altos (entre 75 y 100% de la CV).

Este flujo espiratorio máximo (FEM) depende del esfuerzo efectuado y de la resistencia de las vías aéreas mayores y se mide frecuentemente en clínica en forma simplificada con la denominación de PEF, sigla que significa "peak expiratory flow". Después de alcanzado este

máximo, los flujos espiratorios van disminuyendo gradualmente a medida que se reduce el volumen pulmonar. Los flujos espiratorios máximos medidos al 50 y 25% de la CV (FEM50 y FEM25) son, sobrepasados un mínimo, independientes del esfuerzo desarrollado y sólo dependen de la presión de retracción elástica y de la resistencia de la vía aérea entre el alvéolo y el punto de igual presión.

La curva inspiratoria es aproximadamente semicircular y el flujo inspiratorio máximo se produce cuando el volumen pulmonar es aproximadamente del 50% de la CV (FIM50).

4.7) Volumen espiratorio forzado del primer segundo.

En este trazado espirométrico se puede medir el volumen de aire espirado en el primer segundo, denominado volumen espiratorio forzado del primer segundo o VEF1. Normalmente la espiración forzada total dura 5-6 segundos y durante el primer segundo se espira aproximadamente un 70-80% de la CV.

Esta medición, de ejecución simple, es de significación fisiológica compleja debido a que registra los flujos espiratorios máximos que se suceden a medida que el volumen pulmonar va disminuyendo, con lo que van cambiando tanto los factores que generan el flujo (presión de retracción elástica) como los que se oponen a él (calibre de las vías aéreas).

En el 20-30% inicial de esta espiración forzada, el esfuerzo muscular voluntario es un factor determinante fundamental, ya que a este nivel no se produce compresión dinámica. A medida que continúa la espiración con reducción del volumen pulmonar, las vías aéreas se estrechan, haciéndose susceptibles a la compresión dinámica. En esta etapa queda como generador neto del flujo la presión de retracción elástica por lo cual, sobrepasado un esfuerzo voluntario crítico, los dos tercios finales de la espiración se hacen independientes del esfuerzo y el flujo registrado traduce la interacción entre elasticidad pulmonar y resistencia de la vía aérea.

Debe tenerse presente que un buen rendimiento en la porción esfuerzo-dependiente puede encubrir una limitación moderada de los factores mecánicos recién analizados, por lo que es limitada la sensibilidad del VEF1 para captar obstrucción de bronquios finos, que pesan poco en la resistencia global de la vía aérea.

El VEF1 se mide en litros y se expresa en 2 formas: como porcentaje del valor teórico normal determinado por la edad, talla y sexo y como porcentaje de la capacidad vital forzada (CVF) del mismo sujeto. A los 25 años, esta última relación es de 84% promedio con un límite inferior normal de 73%. Con la edad disminuye llegando a 79% como promedio con un límite inferior de 68 % a los 70 años.

La comparación entre VEF1 y CVF permite diferenciar los mecanismos responsables: si el problema es una disminución del flujo, el VEF1 se reduce proporcionalmente más que la CVF, por lo que la relación VEF1 / CVF cae bajo el porcentaje normal; si la alteración primaria es una reducción de volumen pulmonar funcionante, la CVF y el VEF1 disminuyen en la misma proporción y la relación VEF1 /CVF se mantiene normal.

4.8) Flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la capacidad vital forzada (FEF 25-75) o flujo máximo de media espiración.

Esta medición se realiza también a partir de la curva espirométrica de espiración forzada. El flujo espiratorio se mide entre el 25 y el 75% de la CVF, con lo cual se desecha el primer 25%, que es esfuerzo-dependiente, y el último 25%, que depende del tiempo que el sujeto sostenga el esfuerzo espiratorio, centrándose la medición en el 50% central donde los factores determinantes del flujo máximo son las propiedades mecánicas del pulmón. Este índice funcional es muy sensible a la obstrucción de la vía aérea, pero sus valores teóricos normales tienen una dispersión demasiado amplia, por lo que su empleo en clínica es limitado.

4.9) Flujo espirométrico máximo a alto volumen o PEF.

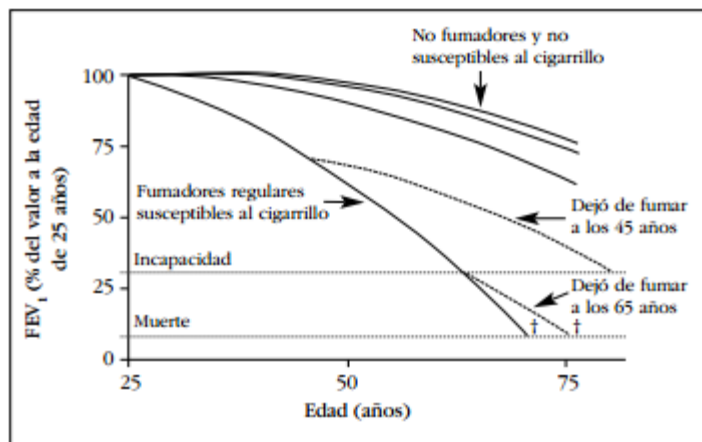
Este flujo no puede medirse en el trazado espirométrico. Si bien la curva flujo-volumen proporciona el valor de flujo espiratorio máximo a alto volumen (> 75% CV), resulta más práctico medirlo con un flujómetro, instrumento más simple y económico. Aun cuando el PEF (peak expiratory flow) necesita bastante colaboración del sujeto, su reproducibilidad, una vez

aprendido, es habitualmente muy buena. Por su mediana sensibilidad no permite detectar obstrucciones leves, pero, por su simplicidad, puede ser utilizado en forma seriada por el médico en la consulta o sala de hospitalización o incluso por el paciente en su casa; de acuerdo a los cambios de PEF que se objetiven, se pueden detectar precozmente exacerbaciones de la obstrucción y adecuar la medicación.

Tabaquismo: Efectos nocivos sobre el sistema respiratorio.

El humo del tabaco afecta tanto a la estructura como a la función de la vía aérea central y periférica, y altera también el sistema autoinmune del pulmón. Se ha demostrado que la exposición continuada al humo del cigarrillo estimula la médula ósea, con el resultado de una acelerada liberación de células maduras e inmaduras a la circulación sanguínea, lo que contribuye a que aparezca leucocitosis en los fumadores. Esta elevada carga de leucocitos polimorfonucleares desempeña un papel importante en la patogenia de la inflamación crónica en el árbol respiratorio asociada al consumo de cigarrillos. Otros estudios han mostrado que el humo aumenta la interleucina-8 liberada por las células epiteliales de la mucosa bronquial; también los estudios histológicos muestran proliferación de macrófagos y linfocitos T, predominando los linfocitos T CD8+, lo que es indicador de la importancia del papel de estas células en la inflamación del tracto respiratorio inferior y en la patogénesis de las enfermedades neumológicas relacionadas con el consumo de tabaco. Además, se ha informado de una transformación escalonada del epitelio ciliado estratificado de la mucosa bronquial normal hacia la metaplasia escamosa, carcinoma in situ y, posteriormente, carcinoma invasivo broncogénico. Numerosas anomalías han sido observadas en la función pulmonar de los fumadores. En general, los fumadores tienen un FEV1 (volumen espiratorio forzado en el primer segundo) menor y muestran un descenso más acelerado de este volumen que los ex fumadores y los que nunca han fumado, y esta asociación presenta una relación directa dosis/respuesta. Un estudio epidemiológico ya clásico mostró que el FEV1 desciende gradualmente a lo largo del tiempo; sin embargo, la mayoría de los no fumadores y un grupo considerable de fumadores no llegan a desarrollar un trastorno ventilatorio obstructivo. En cambio, en una población

susceptible el tabaco origina cambios obstructivos irreversibles que conducen a dicho trastorno obstructivo. Sin embargo, si un fumador susceptible deja de fumar, presentará una ligera mejoría de su función pulmonar y, lo que es más importante, el descenso posterior será más lento y menor que en aquellos otros que continúan fumando. Un programa de intervención intensiva del control del tabaquismo reduce significativamente el rápido declinar del FEV1 en los fumadores.



Efectos del tabaquismo sobre la función pulmonar (VEF1).

Los síntomas respiratorios generales son mucho más frecuentes en los fumadores de cigarrillos. Existe una relación dosis/respuesta en la aparición de tos crónica, aumento de la expectoración y dificultad respiratoria. El humo del tabaco induce cambios en el epitelio de la mucosa bronquial, incluyendo pérdida de los cilios, hipertrofia de las glándulas mucosas y aumento de células caliciformes, lo que favorece el desarrollo y la presencia de sintomatología respiratoria.

Debido a todos estos cambios fisiológicos se pueden generar una gran cantidad de enfermedades estas pueden ser:

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

La EPOC es una enfermedad de las vías respiratorias, lentamente progresiva y potencialmente mortal, que se caracteriza por una obstrucción del flujo aéreo que no es totalmente reversible. Está acusada por dos mecanismos principales: la inflamación crónica de las vías respiratorias y la destrucción gradual de los alvéolos.

Nos referiremos a la definición de GOLD 2006:

“La enfermedad pulmonar obstructiva crónica es una enfermedad prevenible y tratable con algunos efectos extra pulmonares significativos que pueden contribuir a la gravedad en pacientes individuales. Su componente pulmonar se caracteriza por una limitación del flujo aéreo que no es completamente reversible. La limitación del flujo aéreo es usualmente progresiva y asociada a una respuesta inflamatoria anormal de los pulmones a partículas nocivas o gases.”

Asma bronquial

Aunque no existe una clara evidencia de que el humo del tabaco sea un factor de riesgo causal específico en el desarrollo del asma, sí se conoce que puede favorecer la sensibilización a los alérgenos, agravar el pronóstico del asma y ocasionar que el tratamiento sea menos eficaz. La hiperreactividad bronquial inespecífica es más frecuente en fumadores que en no fumadores. Un estudio puso de manifiesto que en fumadores asintomáticos se necesitaban menores concentraciones de metacolina para provocar broncoconstricción que en sujetos no fumadores (Gerrard et al., 1980). Diversos estudios han demostrado que la afectación de la pequeña vía aérea provocando constricción bronquial es mayor en fumadores; la reducción del calibre bronquial ocasionaría turbulencias en el flujo aéreo, facilitando la acumulación de las partículas tóxicas del humo del tabaco en la mucosa bronquial. Este proceso, asociado a los cambios anatomopatológicos presentes en los bronquios de los fumadores y al incremento de la permeabilidad de la mucosa que facilita la entrada de alérgenos, favorecería el desarrollo de la hiperreactividad bronquial.

Diferentes estudios han comprobado un aumento de la prevalencia de asma en hijos de padres fumadores, disminuyendo la frecuencia de síntomas respiratorios al interrumpirse la exposición a la contaminación ambiental por humo de tabaco.

También se ha señalado que el tabaco reduce la eficacia del tratamiento del asma, y se ha comprobado que la eficacia de los corticoides inhalados en esta enfermedad es menor si los pacientes continúan fumando.

Enfermedades pulmonares intersticiales

- a) Granuloma eosinófilo. Es una enfermedad intersticial pulmonar poco frecuente y de causa desconocida, caracterizada por un acúmulo anormal de células de Langerhans en el parénquima pulmonar. El 90% de los sujetos que la padecen son fumadores, por lo que está considerada como una enfermedad relacionada con el consumo tabáquico. También es conocida como histiocitosis X o granulomatosis de células de Langerhans. Las manifestaciones clínicas son variables, pero la tos y la disnea están presentes con bastante frecuencia.
- b) Enfermedad pulmonar intersticial asociada a bronquiolitis respiratoria. Es una presentación poco frecuente de enfermedad pulmonar intersticial que aparece exclusivamente en fumadores. Mientras que la inflamación crónica bronquiolar es un hallazgo general en los fumadores, con escasa o nula manifestación clínico-funcional, un mínimo porcentaje de fumadores desarrollan esta enfermedad intersticial pulmonar sintomática en presencia de una inflamación bronquiolar más intensa. Se recomienda como tratamiento de elección el abandono del tabaco.
- c) Neumonía intersticial descamativa. Las neumonías intersticiales idiopáticas son un heterogéneo grupo de enfermedades que tienen una clínica similar. La Neumonía Intersticial Descamativa (NID) es una forma poco frecuente de presentación de neumonía intersticial idiopática, que afecta principalmente a los varones en la cuarta o la quinta década de la vida, con antecedentes de tabaquismo activo.
- d) Infecciones respiratorias. Existen evidencias de que las infecciones respiratorias, como el resfriado común, la gripe, la tuberculosis, la neumonía bacteriana y la neumonía varicelosa, son más frecuentes en la población fumadora. El consumo de tabaco se asocia a una mayor actividad inflamatoria, alteración del sistema inmune y capacidad de inducir lesiones celulares, que se podrían mencionar como mecanismos responsables de

esta asociación de los fumadores a las infecciones respiratorias. El atrapamiento distal de aire a causa de la inflamación inducida por el humo del tabaco conduce a una exagerada distensión alveolar y a una posterior ruptura como mecanismo favorecedor del neumotórax.

- e) Cáncer de pulmón. Los resultados de la investigación disponible han demostrado que existen más de 1.000 sustancias de reconocido potencial cancerígeno, y se estima que entre el 75 y el 85% de los procesos neoformativos en humanos están relacionados con la exposición a estos carcinógenos ambientales. De entre todos estos agentes cancerígenos ambientales, el humo del tabaco es sin duda el mejor estudiado de todos, siendo en la actualidad incuestionable el papel que desempeña no solamente en el origen del CP, sino también en la aparición de otros procesos neoplásicos en diferentes localizaciones, principalmente cavidad oral, laringe, esófago, riñón, mama, etc.

El tabaco también puede llevar a otros tipos de cáncer como son el Cáncer de la cavidad oral, Cáncer de laringe, Cáncer de esófago, Cáncer urogenital.

El Tabaco y enfermedad cardiovascular

Existen evidencias científicas para afirmar que hay una estrecha relación entre el consumo de tabaco y la enfermedad cardiovascular, incluyendo la cardiopatía isquémica, el infarto de miocardio, el ictus, la enfermedad vascular periférica y el aneurisma aórtico, y que además existe una relación dosis/respuesta. A la inversa, el incremento del riesgo de eventos cardiovasculares disminuye después del abandono del tabaco.

Evaluación de la función pulmonar: Espirometría.

La espirometría es la más antigua de las pruebas de función pulmonar. Se considera que fue Borelli (1681) el primero que intentó medir el volumen inspirado en una respiración, pero fue Hutchinson (1846) quien diseñó el primer espirómetro de agua moderno y definió la capacidad vital estableciendo su relación con la talla del sujeto. En 1925 Fleisch diseña el Neumotacógrafo y entre 1930-1950 se desarrollan conceptos como la máxima ventilación voluntaria, se clasifican las anomalías ventilatorias en obstructivas y restrictivas, Tiffeneau describe el FEV1 (1947) y Gaensler define los conceptos de capacidad, volumen y flujo (1951). La British Thoracic Society define en 1956 la relación FEV1/FVC y el FEF25-75% y en 1958 el grupo de Hyatt describe las curvas flujo/volumen (F/V). Wright y McKerrow, en 1959, inventan el medidor de pico-flujo y en 1969 DuBois y Van Woestijne presentan el pletismógrafo corporal.

La espirometría es considerada como una prueba básica para el estudio de la función pulmonar, cuya realización es necesaria en el estudio y seguimiento de las enfermedades respiratorias, la espirometría mide la magnitud de los volúmenes pulmonares y la rapidez con que estos pueden ser movilizados (Flujo aéreo). La representación gráfica puede ser mediante variables como volumen/tiempo o V/T o entre sus derivadas F/V.

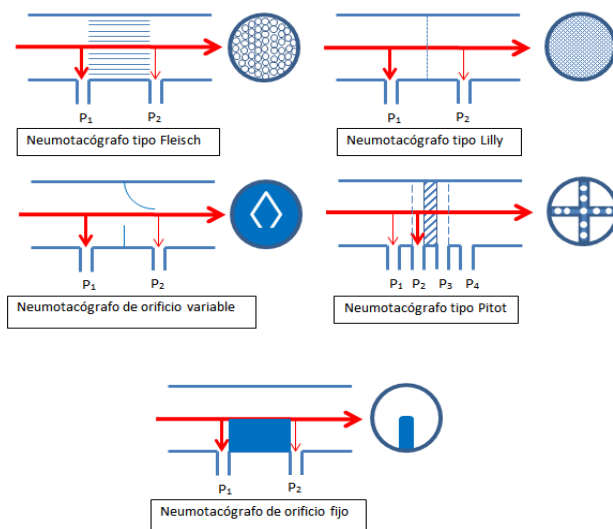
En general la espirometría es de fácil realización pero requiere de una gran colaboración por parte del pte. Existen dos tipos de espirometrías: simple o lenta y forzada.

La espirometría simple mide los volúmenes pulmonares estáticos, excepto el volumen residual (RV) y por consecuencia tampoco la capacidad residual funcional (FRC) y capacidad pulmonar total (TLC) los cuales son derivados de su cálculo.

La espirometría forzada mide volúmenes pulmonares dinámicos y proporciona información de mayor relevancia clínica.

Tipos de Espirómetros.

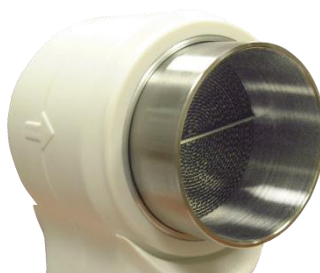
Actualmente dentro de los espirómetros disponibles encontramos los de volumen y los de flujo, siendo este último, los de flujo (neumotacómetros) los de mayor utilización. Estos miden el flujo a partir de una resistencia conocida que produce una diferencia de presión entre uno y otro lado del paso del aire (neumotacómetros de tipo Fleisch) Además se han comercializado espirómetros que utilizan otro tipo de neumotacómetros para medir el flujo, como los de turbina, pistón, sensor de temperatura, ultrasonido, etc.



Los tacómetros para poder cumplir su función (medir el flujo de aire) poseen diversos sensores y divisiones a lo largo de su estructura.



Neumotacómetro Tipo
FLEISH



Transductor tipo
TURBINA



Transductor desechable
(Tipo Lilly)

Es importante mencionar también que los espirómetros deben cumplir con una serie de requisitos mínimos que han sido establecidos internacionalmente.

REQUERIMIENTOS	VALORES O PROCEDIMIENTOS ACEPTABLES
Margen de Volumen	0,5 a 8 L
Exactitud	5% ó 100 ml
Precisión	3% ó 50 ml
Linealidad	3%
Resolución	25 – 50 ml
Resistencia	<1,5cm H ₂ O/L/s (entre 0 a 14L)
Volumen minimo detectable	30 mL
Tiempo cero	Extrapolación retrograda
Tiempo de lectura	15 s
Señal de prueba	Jeringa de 3L

A su vez, existen consideraciones generales a tener presente para realizar una evaluación espirométrica:

El espacio físico, idealmente debe tener un área disponible de al menos 2 x 3 mts, dispuesta exclusivamente a esta técnica. Debe ser cómoda para el paciente, para el uso del espirómetro y para quien realiza la espirometría (el evaluador). Además se debe contar con una forma de medir la talla o estatura, una pesa, un termómetro ambiental, un barómetro de mercurio, un asiento con apoya brazos y cómodo para el paciente y un mueble, estante o repisa para colocar pinzas nasales y otros elementos o accesorios del equipo.

Ahora bien no son tan solo dichos requisitos que se deben cumplir para realizar una espirometría certera y de calidad, como anteriormente mencionamos existen requerimientos mínimos que debían contemplar los espirómetros utilizados y que sumados a ellos han sido mencionados por la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias (Gutiérrez C.M. et al, 2006) la cual menciona que la periodicidad de los controles de calidad de los espirómetros depende principalmente de su tipo.

Control diario:

Equipos grandes, de laboratorios especializados en función pulmonar.

Para todos los espirómetros:

- Calibración con una jeringa de 3 litros, mantenida a la misma temperatura y humedad que el espirómetro (requisitos de la jeringa: exactitud de 15 ml ó 0,5%). Debe dar un resultado dentro del 3% del volumen de la jeringa (± 90 ml para una jeringa de 3 litros; entre 97 y 103%). Si la temperatura cambia más de 5°C en el día, debe calibrarse más frecuentemente.

Para espirómetros con sensores de flujo:

- Revisión del sensor de flujo buscando perforación, obstrucción y exceso de humedad.
- Evaluación de la linealidad, que se realiza inyectando el volumen de 3 litros con 3 flujos distintos (entre 2 y 12 litros/segundo). El volumen medido para cada uno de los flujos utilizados no debe variar más de 3%.

Para equipos portátiles:

- Calibración inicial y después idealmente al menos semanal, siendo lo mínimo aceptable una calibración mensual.
- Comprobar la linealidad de las mediciones haciendo inicialmente exámenes en paralelo (repetidos) con un espirómetro del laboratorio de referencia, tanto en sujetos normales como en pacientes restrictivos y obstructivos.
- Control biológico mensual.

Indicaciones de la espirometría.

La ALAT (Asociación Latinoamericana del Tórax) estipula que las indicaciones de espirometría son múltiples, pero generalmente es usada, tanto para la valoración de salud respiratoria como en la sospecha de enfermedades con la presencia de síntomas respiratorios, signos o factores de riesgo de enfermedad, enfatizando este último con la presencia de estilos de vida y hábitos poco saludables como es el tabaquismo crónico la cual presenta el motivo de indicaciones más frecuente de espirometría en el contexto de medicina general. Asimismo, otras indicaciones son la monitorización y vigilancia de la enfermedad como es en el caso de Asma o SBOR (Síndrome Bronquial Obstructivo Recurrente), la valoración de discapacidad respiratoria y para el pronóstico de salud general y riesgo preoperatorio.

Recomendaciones previas al examen.

El profesional de la salud debe contemplar e indicar al paciente. Las siguientes recomendaciones e instrucciones las cuales deben entregarse por escrito, para que este pueda acudir al servicio de salud a realizarse la espirometría:

- No debe estar en ayunas; si se realiza en la tarde, ingerir almuerzo liviano.
- No haber realizado ejercicio vigoroso (a lo menos 30 minutos antes).
- No fumar al menos en la hora previa.
- Suspender el tratamiento broncodilatador, *excepto* que se indique lo contrario en la orden, en cuyo caso deberá quedar registrado su uso.

El Tiempo de suspensión del broncodilatador según el medicamento usado:

- β -2 adrenérgicos y anticolinérgicos por vía inhalatoria de acción corta: 8 hrs.
- β -2 adrenérgicos por vía inhalatoria de acción prolongada: 12 hrs.
- Anticolinérgicos de acción larga: 24 hrs.

- Teofilinas de acción prolongada: 24 hrs.
- No suspender corticoides.

Instrucciones para la prueba

El Técnico debe instruir sobre los pasos de la espirometría que incluyen:

- a) La posición correcta para la prueba
- b) La colocación de la pinza nasal y de la boquilla, esta última debe sujetarse con los dientes, sellar bien los labios alrededor de la boquilla y evitar obstruirla con la lengua.
- c) Se debe instruir para que el individuo inhale de manera rápida y completa hasta que llegue a su capacidad pulmonar total.
- d) Explicar que la exhalación es con máximo esfuerzo y sostenida hasta que el técnico indique la terminación del esfuerzo.

Procedimiento

Capacidad vital forzada: Es una maniobra que permite medir volúmenes en el tiempo e informar los siguientes datos:

- Capacidad vital forzada (CVF)
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1)
- Relación VEF1/CVF

La maniobra de FVC requiere de tres pasos fundamentales:

1. Inspiración máxima
2. Exhalación explosiva
3. Exhalación continua y sostenida hasta el final de la maniobra

Si se requiere hacer una curva Flujo/volumen, se debe volver a hacer una inspiración máxima forzada ya que se imprime la curva inspiratoria realizada después de la curva espiratoria.

En circuito cerrado el individuo inhala y exhala desde y hacia el espirómetro mientras que en la maniobra de circuito abierto el individuo solo exhala hacia el espirómetro durante la espiración forzada. La maniobra de circuito cerrado tiene la desventaja de que el individuo inhala directamente del espirómetro donde pueden existir contaminantes, por lo que es recomendable que en esta maniobra se utilicen filtros para bacterias y virus respiratorios. En este caso la calibración del equipo debe incluir el filtro.

Maniobra de Circuito Cerrado.

1. Primero debe colocarse al sujeto en la posición correcta. En general la espirometría puede realizarse con el individuo sentado o parado sin encontrar grandes diferencias en los resultados. Sin embargo, los estándares actuales (ATS/ERS 2005) por seguridad recomiendan que la ejecución de la prueba se realice con el individuo sentado en una silla fija (sin ruedas) que tenga apoya brazos, ya que Individuos mayores y enfermos pulmonares, pueden presentar mareo o desmayo durante la espiración forzada. Además, la posición siempre debe ser con el tronco erguido y la cabeza ligeramente elevada y esta debe mantenerse durante todo el esfuerzo espiratorio.
2. Se recomienda colocar pinza nasal, lo que evita que el individuo vuelva a inhalar por la nariz durante la maniobra.
3. El Técnico debe asegurarse que el paciente se coloque adecuadamente la boquilla (siempre debe usarse una boquilla nueva en cada paciente).
4. Después de una o dos respiraciones normales (en volumen corriente) se indica al paciente que realice una inspiración rápida y máxima, <1 segundo, hasta llegar a capacidad pulmonar total.

5. Se le indica que el inicio de la exhalación que debe ser explosivo (con máximo esfuerzo) y se estimula vigorosamente (“siga soplando”, “mantenga el esfuerzo”, etc.) hasta que se alcance un criterio de termino (más de seis segundos de exhalación y meseta de dos segundos sin incremento de volumen en la curva volumen/tiempo.
6. Se le indica al paciente una inspiración máxima, nuevamente rápida y completa, hasta llegar nuevamente a la capacidad pulmonar total.
7. En caso de una maniobra fallida, se deben repetir las instrucciones y la demostración.
8. Se requiere completar un mínimo de tres buenos esfuerzos que llenen criterios de aceptabilidad, para ello generalmente no requiere realizar más de ocho maniobras.
9. Se deben revisar los criterios de repetibilidad y si es necesario se pueden realizar hasta 15 maniobras para alcanzar estos.
10. Observar los mensajes de error de los equipos.

Criterios de aceptabilidad y de repetibilidad.

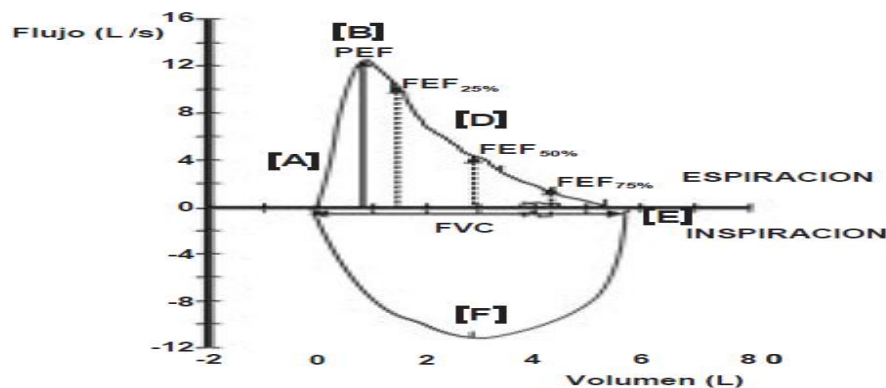
La espirometría siempre contemplara un mínimo de tres maniobras satisfactorias de espiración forzada para conseguir los criterios de aceptabilidad y repetibilidad y un máximo de 8 (Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias) cuando no sean juzgadas adecuadas.

Curva volumen - tiempo:

La gráfica volumen tiempo con frecuencia llamada espirográma presenta el tiempo en segundos en el eje horizontal (x) y el volumen en litros en el eje vertical (y). La gráfica debe tener una escala de al menos 1 cm/L de volumen y una resolución de 0.25 L; el eje horizontal debe tener una resolución de 2 cm por segundo y una resolución de 0.20 segundos. Un espirograma aceptable muestra un inicio abrupto con un incremento brusco en el volumen durante el primer segundo de la espiración. Posteriormente, alcanza una transición o rodilla de la curva entre los segundo 1 y 2 y finalmente una meseta donde a pesar de pasar varios segundos hay poco incremento en el volumen.

Grafica volumen – tiempo.

La grafica flujo volumen presenta el comportamiento del flujo espiratorio (equivalente a la aceleración del volumen) en el eje vertical contra el volumen espirado en el eje horizontal. El flujo debe presentarse en una escala que debe ser de al menos de 5 mm/L/s con una resolución de 0.100 L/s mientras el volumen debe manejarse en una escala de 1 cm/L con una resolución de 0.025 L. Esta curva tiene una fase espiratoria de forma triangular y una fase inspiratoria de forma semicircular que se presentan por arriba y por abajo, respectivamente, del eje horizontal. La fase espiratoria tiene un ascenso muy vertical y que termina en un pico o PEF que se alcanza antes de los 0.12 segundos de la espiración. Esta curva es de gran utilidad para evaluar el esfuerzo inicial del paciente; además del PEF, se identifican fácilmente los FEF a diferentes proporciones de la FVC que se alcanza al final de la fase espiratoria.



Se grafica el tiempo el volumen en litros (eje-x) contra el flujo en litros/segundo (eje-y). La fase espiratoria, en forma de triángulo, se muestra por arriba del eje horizontal y por debajo de este la fase inspiratoria en forma de semicírculo. Una curva de buena calidad muestra un ascenso muy vertical [A], la generación de un flujo máximo, pico o PEF [B], una caída progresiva del flujo conforme [C] avanza el volumen hasta llegar de forma progresiva al flujo cero que coincide con la FVC [E]. La fase inspiratoria es semicircular e iguala el volumen espirado.

Una vez teniendo en consideración los aspectos básicos de las curvas existentes es que podremos obtener un mínimo de 3 maniobras aceptables de CVF:

Maniobras realizadas según las instrucciones previas con máximo esfuerzo

- Los trazados no deben tener artefactos: Cierre de glotis, tos, esfuerzo espiratorio variable, evidencia de fuga de aire alrededor de la boquilla.
- Un adecuado comienzo al espirar, sin titubeos.
- Un tiempo espiratorio > 6 segundos en adultos y niños mayores a 10 años y de 3 segundos en niños menores de 3. Se debe tratar de lograr un plateau (sin flujo durante 2 segundos) como criterio de examen con un máximo de 15 segundos en pacientes obstruidos. Sin producción de la amputación final de la espiración.

Inicio adecuado de la maniobra de FVC o CVF

Para determinar si el inicio de la exhalación es adecuada durante la ejecución de la maniobra de CVF o FVC se utiliza el método de extrapolación retrograda el cual determina un nuevo tiempo cero que marca el comienzo para todas las mediciones cronometras por ejemplo FEV1, FEV6, etc. Determinar un nuevo tiempo cero sobre una recta que sigue la mayor pendiente del inicio de la exhalación en la curva volumen/tiempo. En una medio computarizada se recomienda que el espirómetro muestre un volumen tiempo de al menos 0,25 segundos (idealmente 1 segundo) previo al tiempo cero. La extrapolación retrograda se obtiene de la mayor pendiente del inicio

de la exhalación promediada sobre un periodo de 80 milisegundos. Además , la extrapolación retrograda permite obtener un volumen extrapolado menor a 150 ml ó 5% de la CVF (el que sea mayor) lo cual permite un tiempo cero exacto y asegura de esta forma que el VEF1(o FEV1) provenga del máximo de esfuerzo.

Otro criterio para un comienzo adecuado de la maniobra de CFV es un inicio abrupto y vertical que alcanza la formación de un pico (PEF) en la curva de flujo – volumen.

Artefactos frecuentes durante la maniobra de CVF.

Errores comunes en la maniobra: Terminación temprana de espiración, tos durante el primer segundo que son apreciadas como oscilaciones o grandes del flujo en la curva flujo – volumen, cierre glótico donde el individuo puja en vez de mantener la espiración forzada.

Esto ocasiona una caída abrupta a flujo cero en la curva F/V y una meseta completamente plana en la curva V/T. Este artefacto ocasiona que se subestime la CVF y posiblemente el VEF1, esfuerzos espiratorios variables haciendo que la pendiente de inicio de la espiración se hace menos vertical y puede no identificarse con facilidad el PEF, exhalaciones repetidas que se evita con la pinza nasal.

Terminación adecuada de la maniobra de CVF

Este se establece cuando no se registra cambio en volumen mayor a 25 mL (curva V/T) durante al menos un segundo, siempre y cuando el paciente haya exhalado durante al menos 3 segundos, en caso de niños menores de 6 años, y durante al menos 6 segundos en individuos de 10 años o más. En la práctica este criterio se vigila en la curva VT, pero muchos espirómetros modernos cuentan con alarmas visuales o auditivas que facilitan la terminación de la maniobra. No obstante, debe permitirse al paciente terminar la maniobra en cualquier momento que sienta alguna molestia, especialmente si existe sensación de mareo o cercana al desmayo.

Valoración de Repetibilidad

Repetibilidad: es la mayor coincidencia entre resultados obtenidos de mediciones sucesivas que implican mismo método, mismo observador, mismo instrumento, mismo lugar, misma condición, y repetidas sobre un periodo corto de tiempo. El término repetibilidad es nuevo en los estándares actuales de la ATS/ERS (Sociedad Torácica Americana/ Sociedad Respiratoria Europea). Previamente, este concepto se había denominado como reproducibilidad, pero ha sido cambiado para coincidir con los criterios de control de calidad de ISO (International Standard Organization).

Reproducibilidad: es la mayor coincidencia entre resultados de mediciones sucesivas que implican diferentes condiciones como método de medición, observador, instrumento, lugar, condiciones de uso y tiempo.

Usando estas definiciones, si un Técnico realiza varias maniobras consecutivas de CVF está buscando la repetibilidad de la prueba. En contraste, si un sujeto recibe broncodilatador y la prueba se repite 30 minutos después el observador necesita conocer la reproducibilidad de la prueba para juzgar esta comparación.

Interpretación del informe espirométrico.

Para una adecuada y óptima interpretación de los resultados obtenidos en el informe espirométricos es necesario que se analice la calidad del test realizado considerando el trazado espirométricos o grafico volumen –tiempo y curva flujo – volumen para ser posteriormente analizados con los valores de referencias o pre dichos incorporados previamente en el espirómetro.

Características de los cuatro principales trastornos espirométricos.

Trastorno espirométrico	CVF	VEF ₁	VEF ₁ /CVF	FEF ₂₅₋₇₅
1. Restricción	↓	↓	N	N ó ↓
2. Obstrucción con CVF normal	N	↓ *	↓	↓
3. Obstrucción con CVF disminuida	↓	↓	↓	↓
4. Obstrucción mínima	N	N	N	↓

N = normal; ↓ = disminuido.
 * En algunos casos el VEF₁ puede ser normal

Graduación de las alteraciones espirométricas.

Una vez identificado el tipo de alteración espirométrica, es necesario determinar cual su intensidad o gravedad.

La graduación de las alteraciones en más bien arbitraria, ya que no existe correlación exacta entre el grado de compromiso espirométricos y el deterioro de la capacidad física.

Dichos criterios de correlación en nuestro país, Chile, se han establecido de manera estándar para poder objetivar y precisar el grado de severidad de los diversos trastornos, teniendo una gran aceptación desde que fueron propuestos por la SER en 1988.

Alteración restrictiva			
Leve	CVF	< LIN	≥ 65%
Moderada	CVF	< 65%	≥ 50%
Avanzada	CVF	< 50%	
Alteración obstructiva			
Mínima	FEF ₂₅₋₇₅	< LIN	
Leve	VEF ₁	≥ 65%	
Moderada	VEF ₁	< 65%	≥ 50%
Avanzada	VEF ₁	< 50%	

Tejido muscular: Fisiología y entrenamiento.

1- Tejido Muscular: Fisiología.

El tejido muscular es muy abundante, es esencial tanto para los movimientos del cuerpo, tanto del esqueleto como de los órganos, está constituido por células muy especializadas en la contracción de este tejido. La característica estructural más importante del tejido muscular es la presencia de miofilamentos de dos tipos: filamentos delgados de actina (de 6 nm de diámetro) y filamentos gruesos de miosina (de 14nm de diámetro en adelante).

Se han establecido dos grandes variedades de tejido muscular, dependiendo de las características de sus células. Por un lado tenemos el Músculo estriado o células musculares estriadas, en estas células los miofilamentos se disponen ordenados en unidades morfológicas y funcionales denominadas sarcómeras, que dan lugar a una estriación transversal característica, con las bandas perpendiculares al eje longitudinal de la célula. Fisiológicamente son de contracción rápida. Dentro de este grupo se pueden establecer tres subgrupos:

-Músculo esquelético. Sus células forman la musculatura somática de los vertebrados y se contraen a modo voluntario.

-Músculo cardiaco. Forma la pared muscular del corazón (miocardio) sus células difieren en ciertos aspectos del musculo esquelético y su contracción es involuntaria.

-Músculo liso. Sus células carecen de estriación transversal y son de contracción lenta e involuntaria. Forman la musculatura de los vasos sanguíneos y órganos huecos.

El músculo esquelético es el más abundante en los vertebrados, se inserta en los huesos mediante tejido conjuntivo denso para permitir el movimiento de las diversas partes del cuerpo. Está innervado por axones de las neuronas motoras del sistema cerebroespinal. Sus células llamadas fibras son multinucleadas, muy largas y paralelas unas de otras.

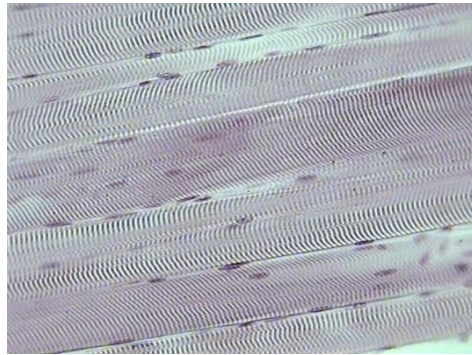
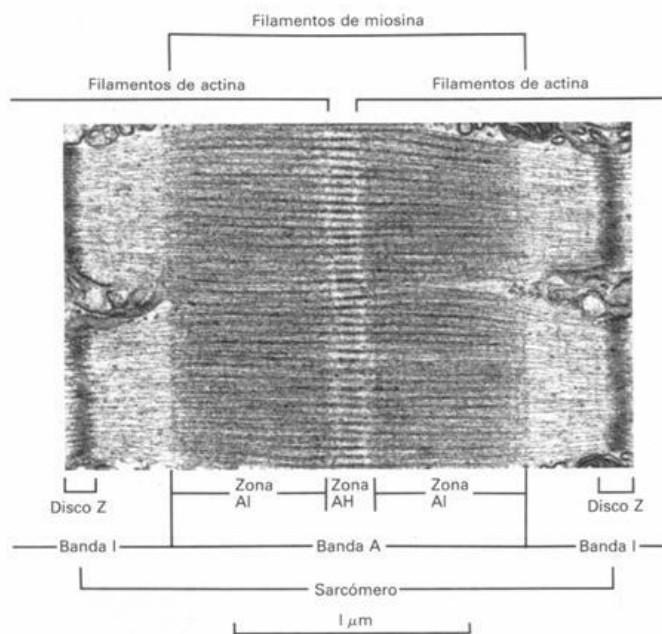


Figura de Tejido muscular esquelético

La estriación de la miofibrilla se debe a la repetición de unidades iguales, llamadas SARCOMEROS. Cada sarcómero está formado por la parte de miofibrilla que queda entre las líneas Z sucesivas y contiene una banda A que separa dos semibandas I. El sarcómero es la unidad anatómica y funcional del músculo.



La figura muestra la organización del sarcómero, tanto de sus miofibrillas y la formación de las zonas.

1.1. Tipos de fibras musculares

Existen diferentes tipos de fibras musculares estas fibras muestran variabilidad tanto en su funcionamiento como también en su morfología, existen dos familias de fibras, según esta división encontramos fibras de contracción lenta (I) y de contracción rápida (II), estas a su vez se dividen en Ila y IIb y IIx (inclasificadas).

Las fibras blancas, de contracción Rápida o tipo IIb, son las de mayor tamaño, inervadas por neuronas de tipo alfa-1, de gran calibre, que solo se activan cuando hay una fuerza considerable, respondiendo con una contracción del tipo “todo o nada” a lo que se refiere que se contrae toda la fibra o no se contrae nada. Las mitocondrias con escasas y pequeñas ya que el metabolismo principal de estas fibras es principalmente el anaeróbico.

Las fibras rojas, de contracción lenta o de tipo I, son las más pequeñas: Están inervadas por neuronas del tipo alfa-2. La contracción es más prolongadas que las de las fibras blancas, haciéndolas más resistentes a la fatiga, debido a su inervación y su metabolismo aeróbico. En las fibras rojas las mitocondrias son más grandes, abundantes y en íntima relación con las miofibrillas. El color rojizo característico de estas fibras se debe al mayor contenido de hemoglobina y de capilares, estas fibras son especialmente eficaces en el mantenimiento de la postura, trabajos de baja intensidad y larga duración (resistencia).

Las fibras intermedias de tipo Ila comparten características de los dos tipos de fibras precedentes. Por un lado tienen un tamaño y metabolismo intermedio y son capaces de resistir generando fuerzas considerables.

Los músculos presentan una variedad y equilibrio de estos tipos de fibras en su composición. La cantidad de fibras musculares y que sean de un tipo u otro viene determinadas por una serie de factores complejos, entre los más importantes encontramos la genética, niveles hormonales y

estímulos mecánicos (ejercicio). No obstante en los músculos posturales (musculatura tónica) presentan mayor cantidad de fibras rojas, mientras que los músculos de fuerza y velocidad (musculatura fásica) predominan las fibras blancas.

La musculatura respiratoria presenta entonces gran cantidad de fibras lentas, El diafragma que es principal musculo inspiratorio, posee un 80% de fibras resistentes a la fatiga (un 55% fibras I y un 25% de fibras IIa) más especializadas para actividades prolongadas con menor desarrollo de fuerza como fue mencionado anteriormente debido a su metabolismo aeróbico.

1.2. Vías energéticas

Nos referimos a los tipos de metabolismo como las vías de producción de energía, se pueden identificar tres tipos de vías energéticas, estas nos servirán para que la musculatura posea energía.

La vía anaeróbica aláctica se aprovecha de las reservas celulares de ATP y CP. Dado que estas reservas son limitadas esta vía durará poco tiempo, podemos hablar de una duración de 10 a 30 segundos de actividad, lo cual esta vía proveerá energía fundamentalmente en aquellas actividades de muy corta duración y alta intensidad de ejecución. La vía aeróbica u oxidativa es la que se utilizará siempre que mediante el aporte de oxígeno seamos capaces de fabricar la energía que necesitemos. Dado que nuestra capacidad de introducir oxígeno a nuestras células es limitada, esta vía se utilizará para aquellas actividades de intensidad media o suave y de larga duración. Por último la vía anaeróbica láctica o glucolítica se utilizara en aquellos casos en que más energía de la que somos capaces de producir por vía aeróbica, complementando de alguna manera el aporte de esta. Así pues se utilizara en actividades de intensidad alta (no máxima) y de duración media entre los 30 segundos y 2 minutos aproximadamente.

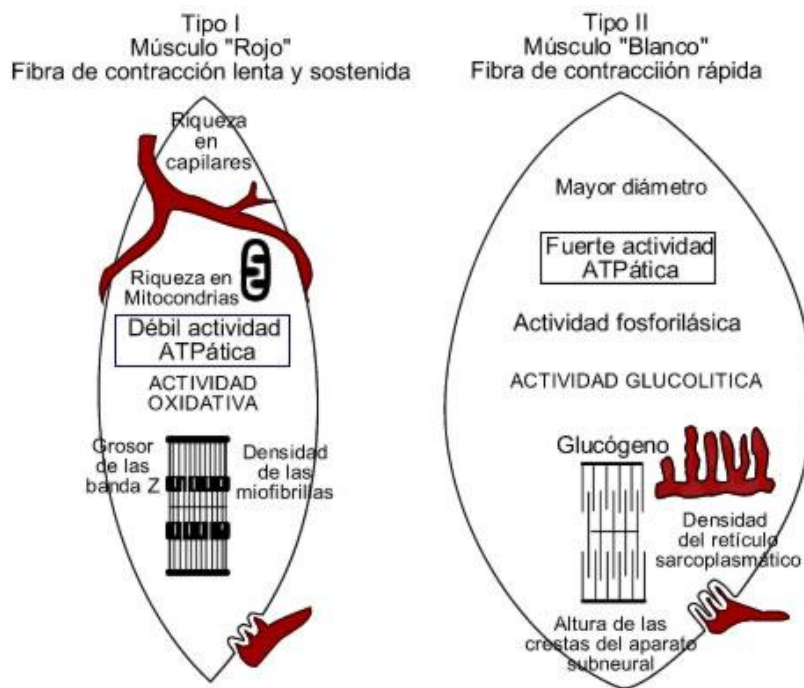


Fig. detalle de fibra muscular tipo I y II y su vía energética.

1.3. Tipos de contracción muscular:

Dentro de la mecánica de la contracción muscular podemos definir:

- Contracción: es el proceso activo mediante el cual se produce una fuerza dentro de un musculo.
- Tensión muscular: es la fuerza ejercitada por el musculo contra un objeto, carga o resistencia.
- Carga: es la fuerza ejercitada por un objeto , peso o resistencia que se opone a la contracción y a la tensión muscular

Como se ve tensión muscular y carga son fuerzas opuestas. Para vencer una carga, la tensión muscular debe ser mayor. La tensión dependerá también del tipo de contracción muscular. Fundamentalmente se divide en dos tipos de contracciones, que pueden ser subdivididas, las contracciones dinámicas y las contracciones estáticas.

- Contracción dinámica:

Es la que se realiza en periodos de acortamiento-estiramiento, es decir hay un movimiento externo observable. Estas pueden ser isotónicas, isocinéticas y auxocinéticas.

a) Las contracciones isotónicas (tensión constante) sucede cuando un musculo se contrae moviendo la carga que permanece constante durante todo el periodo de contracción se distinguen dos tipos de contracción isotónica: la de fase isotónica concéntrica (contracción de acortamiento o positiva) la fuerza que se genera vencen las la resistencia y produce el acortamiento del musculo y el movimiento de la resistencia, y la de fase isotónica excéntrica (contracción de alargamiento o negativa), cuando la fuerza externa es mayor a la que puede producir el musculo éste es vencido y se va alargando mientras mantiene la tensión.

b) Contracción isocinética: Es la que se realiza a velocidad constante, pudiendo ser excéntrica o concéntrica. Se obtiene con sofisticados aparatos o maquinas. En este tipo de contracción el musculo se acorta a velocidad constante desarrollando el máximo esfuerzo permitido por tal velocidad. La tensión es variable pero no la velocidad.

- Contracción isométrica:

Se produce cuando la fuerza producida no es capaz de vencer a la de la resistencia, por lo que no hay cambios en la longitud externa del musculo (si es que lo hay a nivel interno) ni se observa movimiento. En este tipo de contracción las fuerzas están equilibradas (fuerza resistencia = fuerza esfuerzo).

Todos los músculos esqueléticos exhiben cuatro características:

- a) La elasticidad, que es la capacidad del musculo para cambiar su longitud o extensión.
- b) La extensibilidad, que es la capacidad del musculo para encogerse y volver a su longitud normal.
- c) La excitabilidad, que es la capacidad del musculo para responder a los estímulos del sistema nervioso.

- d) La contractilidad, que es la capacidad del músculo para encogerse y contraerse en respuesta a alguna orden neural.

2. Entrenamiento de la musculatura esquelética.

La resistencia es la condición del organismo que permite realizar un esfuerzo durante un período prolongado de tiempo. Por un lado está la resistencia muscular localizada, que permite la ejecución de un ejercicio en el que interviene un grupo muscular, o de fondo, que requiere un desgaste mayor. Para la mayoría de la gente el desarrollo de la resistencia muscular es más importante que el de la fuerza muscular, ya es que más necesaria para efectuar las actividades de la vida diaria. La fuerza es la capacidad de un músculo de oponerse a una resistencia. El mantenimiento de al menos unos niveles normales de fuerza en un músculo determinado o en un grupo muscular es importante para llevar una vida sana y normal. La debilidad o el desequilibrio muscular pueden desembocar en movimientos anómalos, con lo que se puede perjudicar el movimiento funcional normal. La mayoría de los movimientos incluyen los elementos de fuerza y velocidad, si se genera una gran cantidad de fuerza con rapidez el movimiento puede denominarse potente o de potencia, el entrenamiento de la potencia desempeña un papel crucial a la hora de alcanzar un buen nivel de rendimiento, así como la rehabilitación.

Hay diferentes técnicas de entrenamiento de resistencia para aumentar la fuerza, en la que se incluyen el ejercicio isométrico, el de resistencia progresiva, el entrenamiento isocinético, el realizado en circuitos y el ejercicio polimétrico. Al margen de cuál de estas técnicas se utilice, uno de los principios básicos de reacondicionamiento reviste la importancia extrema.

Para aumentar la fuerza de un músculo hay que obligar a trabajar a un nivel más alto al acostumbrado. En otras palabras hay que sobrecargar al músculo, sin sobre carga, el músculo será capaz de mantener la fuerza mientras el entrenamiento se efectúe contra una resistencia a la que el músculo no esté acostumbrado. No obstante, no se logrará ningún aumento de fuerza. Este mantenimiento de los niveles existentes de fuerza muscular puede ser más importante en

los programas de levantamiento de pesas, que dan as importancia al aumento de la resistencia muscular que al de la fuerza.

El ejercicio de resistencia se basa principalmente en los principios de sobrecarga y progresión. Si se aplican estos principios todas la siguientes técnicas de entrenamiento aumentaran la fuerza muscular con el tiempo.

a. Adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de resistencia

La hipertrofia muscular es una adaptación muscular al ejercicio, que es aumento del tamaño muscular, teorías refieren a que este aumento de tamaño se debe al aumento del tamaño y número de los miofilamentos existentes en el musculo, como resultado de un entrenamiento de fuerza, haciendo que aumente el diámetro transversal de las fibras musculares individuales.

Existen otras adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de resistencia, la fuerza de las estructuras no contráctiles, que incluyen tendones y ligamentos, aumenta. También incrementa el contenido de mineral en el hueso, haciendo de este modo que éste más fuerte y más resistente a las fracturas. El consumo máximo de oxígeno aumenta cuando el entrenamiento de resistencia tiene la misma intensidad suficiente para provocar frecuencias cardiacas por encima de los niveles de entrenamiento. También hay aumento de varias enzimas de gran importancia pata el metabolismo aerobio y anaerobio.

Entrenamiento de la musculatura inspiratoria: Grado de evidencia y protocolos de utilización.

El entrenamiento de los músculos respiratorios, es el proceso que consiste en mejorar la fuerza y/o resistencia de los músculos respiratorios, esta técnica suele centrarse en preparar a los músculos de la inspiración. El entrenamiento de la musculatura respiratoria se ha utilizado en el tratamiento de pacientes con diferentes trastornos pulmonares agudos o crónicos asociados con debilidad, atrofia o ineficacia de los músculos de la inspiración, sobre todo del diafragma, y los intercostales externos. Se ha sugerido que los principios de la sobrecarga y la especificidad del entrenamiento son aplicables a los músculos esqueléticos del cuerpo, incluidos los músculos de la ventilación.

Existen tres tipos de entrenamiento de la musculatura respiratoria, el entrenamiento con pesos para fortalecer el diafragma, el entrenamiento de la capacidad de inspiratoria y la espirometría incentivadora (West, John).

Nos enfocaremos al entrenamiento de la resistencia inspiratoria en la cual se emplean aparatos respiratorios diseñados específicamente para el entrenamiento de la resistencia de la musculatura inspiratoria con el objetivo de mejorar la fuerza y la resistencia de los músculos de la inspiración y reducir la aparición del cansancio en los músculos inspiratorios. Este es el tipo de entrenamiento que usaremos en este estudio.

1) EMI: Grado de evidencia de su uso.

En la literatura se muestra que los principios del entrenamiento de la fuerza mejoran la coordinación y la eficiencia de los agonistas y antagonistas de los grupos musculares (Sale, DG, 1988). Al igual que otros grupos de músculos, los músculos respiratorios pueden ser entrenados para mejorar la fuerza, resistencia o ambos.

La respiración se incrementa durante el ejercicio y requiere hasta un 15% de la energía total empleada en el ejercicio de alta intensidad haciendo más difícil el trabajo de los músculos

respiratorios, porque existe menos sangre que fluye a través de las piernas. Esto significa que los músculos respiratorios toman la sangre que podría ser enviada a las extremidades. (St. Croix, CM et al, 2000) (Harms, CA. et al, 2000).

Se postula que al poseer mejores capacidades musculares a nivel de los músculos inspiratorios se podría generar un ahorro energético importante y así mejorar el rendimiento deportivo, en relación a la resistencia al ejercicio y a la sensación de fatiga.

Actualmente existe gran interés en el valor del entrenamiento de la resistencia de los músculos inspiratorios para mejorar estos aspectos, pero también como una opción terapéutica en condiciones patológicas, por ejemplo, en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y en la Insuficiencia cardiaca congestiva (Johnson, P. H. et al, 1996).

Entre otras modalidades de tratamiento, como la farmacoterapia, el entrenamiento de los músculos inspiratorios se aplica con frecuencia en la práctica clínica, aun cuando sus beneficios siguen siendo motivo de debate. Desde que se evidenciaron los incrementos en la fuerza y la resistencia después del entrenamiento de los músculos inspiratorios en sujetos sanos (Leith, D et al, 1976), ha habido un número sustancial de estudios relacionados con los efectos del entrenamiento de la musculatura inspiratoria en diversos trastornos, incluyendo: enfermedades neuromusculares, cifoescoliosis, EPOC, el fracaso del destete de la ventilación mecánica, y la cirugía toraco-abdominal. Estos trastornos tienen en común la debilidad de los músculos inspiratorios y por lo tanto, se asocia con frecuencia a la insuficiencia respiratoria en reposo o durante el ejercicio (Gosselink, R et al, 1994).

Los métodos más utilizados para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria varían según los tipos de individuos a los que le son aplicados, pero en términos generales estos son: la hiperapnea isocápnic / normocapnic (NCH), el entrenamiento de flujo inspiratorio resistivo (IRT), la carga de presión de tipo umbral (threshold loading), y el ajuste del respirador mecánico (Moodie, Lisa H. et al, 2011). Durante la NCH el paciente, para lograr los objetivos, debe realizar una hiperventilación de 15-20 min, mientras se mantiene constante la PaCO₂ (Leith, D et al,

1976). Conceptualmente, la NCH parece ser una técnica apropiada para entrenar los músculos respiratorios, ya que también se produce hiperapnea durante el ejercicio, pero el equipo para este tipo de entrenamiento es complicado y no está disponible para el uso en casa y por lo tanto es de difícil aplicación a gran escala. Durante el IRT el paciente inspira a través de una boquilla con una válvula de dos vías y una resistencia en la línea inspiratoria. Esta resistencia es generalmente dependiente del flujo. La intensidad del entrenamiento adecuado sólo se logra si se obtiene una presión inicial determinada. En el threshold loading, en cambio, el flujo es independiente de la resistencia. En este sistema, una válvula se abre cuando se alcanza una presión inicial o crítica en la boca (Nickerson BC et al, 1982). Estrictamente, este tipo de carga requiere la acumulación de presión negativa antes que el flujo se produzca y sus posibles efectos aún deben ser estudiado (Gosselink, R et al, 1994.). El ajuste del respirador se utiliza en ambiente clínico con pacientes intubados en salas de unidad de cuidados intensivos.

Ahora bien, la evidencia en diferentes intervenciones del entrenamiento de la musculatura inspiratoria muestra distintos resultados. El ajuste del ventilador mecánico como método de entrenamiento de la musculatura respiratoria puede tener el potencial para reducir la duración de la ventilación mecánica y así disminuir las complicaciones y costos asociados y mejorar los resultados del paciente (Johnson, P. H. et al, 1996) (Bissett, Bernie et al, 2012). En pacientes con desordenes neuromusculares, específicamente Distrofia muscular de Duchenne y Atrofia muscular espinal, se demostró que la fuerza muscular y la resistencia respiratoria, medidos mediante la presión inspiratoria máxima (Pimax) y la prueba de ventilación voluntaria máxima en 12 segundos, puede mejorarse mediante un entrenamiento a largo plazo (Wolfgang Koessler, MD et al, 2001). En una población obesa se logro una mejora del rendimiento físico en 4 semanas mediante el dispositivo POWERbreath, evaluado mediante el test de caminata de 6 minutos, concluyendo que una entrenamiento más prolongado en el tiempo podría mostrar valores similares a los que se encuentran en individuos sanos al realizar el test de caminata de 6 minutos.

Al determinar los efectos del entrenamiento de la musculatura inspiratoria sobre la fuerza de la musculatura respiratoria, la resistencia al ejercicio y la función respiratoria en individuos sedentarios sanos y compararlos con corredores de maratón de elite, con un dispositivo de

carga umbral y durante un periodo de 2 semanas, se determinó que los niveles de fuerza muscular no presentaron cambios significativos en ninguno de los dos grupos. Esta conclusión está de acuerdo con la mayoría de otros estudios retrospectivos, en donde se registraron valores similares al medir la fuerza muscular, al comparar sujetos no entrenados con esquiadores (Coast, JL et al 1990), nadadores (Armour, J et al 1993) y con corredores de larga distancia (Cordain, L et al 1990), luego de entrenamientos aeróbicos. Se concluyó que al parecer los músculos estriados de las vías respiratorias parecen ser altamente resistentes a la fatiga, lo cual es fundamentado porque la fuerza muscular respiratoria se mantuvo sin cambios en el ejercicio progresivo, ciclo o carga progresiva de los músculos inspiratorios hasta el agotamiento voluntario. Ahora bien, la resistencia al ejercicio si tuvo diferencias importantes, observándose un aumento importante de esta en los individuos atletas, lo que demuestra una mayor actividad del metabolismo oxidativo de membrana después del entrenamiento de resistencia (Eastwood, Peter et al 2001).

En sujetos sanos el entrenamiento de la musculatura inspiratoria a intensidades variables demostró un aumento de las capacidades pulmonares y la fuerza muscular al 80% del esfuerzo inspiratorio máximo individual. Al 60% se mostraron aumentos solo de la capacidad de trabajo inspiratorio, medido mediante la variación de potencia de un cicloergometro durante el ejercicio, y al 40% no se mostraron cambios cuantitativos funcionales (Enright, Stephanie J. Et al 2011).

En estudiantes universitarios de ambos sexos de Brasil se comparó el efecto del entrenamiento de la musculatura inspiratoria entre fumadores y no fumadores mostrando un aumento significativo de la fuerza de la musculatura inspiratoria, la función pulmonar y el rendimiento físico en ambos grupos de forma similar. En cambio la presión arterial basal luego de la prueba de resistencia mostro una disminución solo en el grupo no fumador, concluyéndose que es probablemente debido al hecho de que el tabaco tiene un efecto constrictor sobre algunos vasos sanguíneos, aumentando la liberación de catecolaminas, producida por la nicotina, causando un aumento de la presión arterial basal y con ello la mayor dificultad para que este nivel baje (Zanoni, Camila et al, 2012).

2) EMI: Evidencia de los protocolos de utilización.

En relación a los protocolos mediante los cuales se realiza en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria la evidencia muestra lo siguiente:

En individuos con desordenes neuromusculares se usó un protocolo de 10 ciclos de respiraciones de 1 minuto de duración cada una, con 20 segundos de intervalos entre ellos dos veces al día por 24 meses. El nivel de la resistencia inspiratoria se ajustó en el hospital cada 3 meses, de modo que el 70 al 80% de los el valor Pimax tuvo que ser generada con cada respiración (Wolfgang Koessler, 2001)

En una población de obesos adultos se usó el dispositivo POWERrbreath con un protocolo consistente en 30 inspiraciones 2 veces al día por 4 semanas. La carga de resistencia se determinó en el grupo experimental al 55% del esfuerzo inspiratoria máximo individualizado y al 10% en el grupo placebo (Edwards, A. M et al, 2012)

En pacientes con ventilación mecánica se usó un dispositivo Threshold con 5 series de 5 repeticiones cada una durante 5 minutos como máximo (Bissett, Bernie et al, 2012).

En individuos sanos se usó un protocolo de 8 semanas de duración, 3 veces la semana, con 24 horas de separación entre sesiones, a intensidades de 40, 60 y 80% según el esfuerzo inspiratorio máximo individual (Enright, Stephanie J. et al, 2011)

En individuos jóvenes universitarios fumadores y no fumadores se usó un dispositivo Threshold IMT[®] y un protocolo por 6 semanas, 3 veces por semana, a un 80% del Pimax, con. Se realizaron 5 series de 10 repeticiones, con un minuto de descanso entre series en posición bípeda (Zanoni, Camila T et al, 2012).

POWERbreathe: Un incentivador respiratorio de tipo umbral.

El incentivador respiratorio que usaremos es el POWERbreathe es un entrenador de los músculos inspiratorios, fortalece de los músculos que utilizamos para respirar. El EMI se ha demostrado científicamente para beneficiar a los pacientes con enfermedades respiratorias y las personas sanas, incluidos los atletas en todos los niveles de competencia, incluyendo atletas olímpicos.



Fig. POWERbreathe classic

El Dispositivo que usaremos en este estudio es el POWERbreathe classic. Las series POWERbreathe Classic aplica los principios del entrenamiento de la fuerza (utilizando una carga calibrada) para fortalecer los músculos de la trabajar más duro, casi de la misma manera que puede usar pesas para aumentar la fuerza de los músculos de un brazo. La serie POWERbreathe Classic cuenta con 9 niveles de ajuste manual que van desde 10 cm² de H₂O como valor mínimo hasta 90 cm² de H₂O como valor máximo para permitir la formación progresiva.

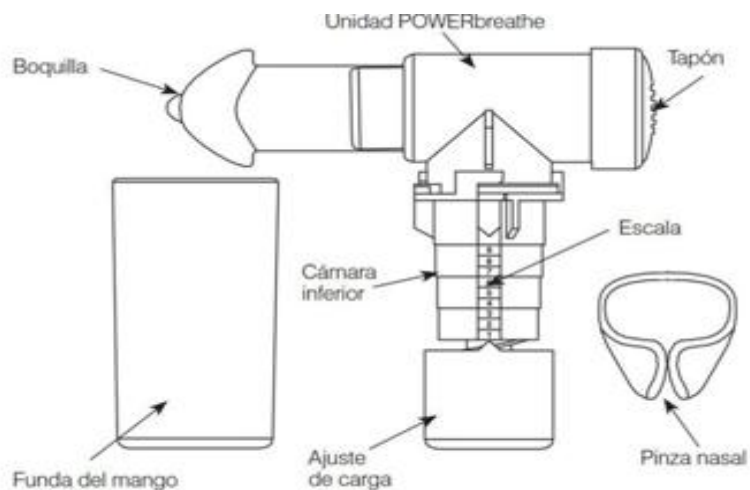
La resistencia en medicina respiratoria utiliza como unidad de medida el centímetro de agua (cm H₂O). Los niveles de resistencia se presentan en la tabla a continuación.

Rango de selección de carga

(Los valores son aproximados y pueden variar entre las unidades)

Modelo	Carga (cmH2O)								
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9
	10	20	30	40	50	60	70	80	90

En la imagen inferior se puede apreciar el despiece del POWERbreathe classic así como la Pinza Nasal que incorpora.



Protocolo que aconseja POWERbreathe.

El entrenamiento consiste respirar a través de la pequeña boquilla utilizando un poco de esfuerzo extra. Las pruebas de laboratorio y el protocolo que se usa con el dispositivo han demostrado que para obtener el máximo beneficio, sólo tiene que utilizar POWERbreathe durante 30 respiraciones, dos veces al día. Eso es menos de 5 minutos por día.

A los pocos días los músculos inspiratorios se sentirán más fuerte y dentro de 3 semanas ya el entrenado podrá sentir el aumento del umbral de disnea. Después de sólo 4-6 semanas los músculos inspiratorios debe estar en una condición mucho mejor, tanto es así que se puede mantener los beneficios con una única sesión de entrenamiento POWERbreathe cada dos días.

Presión Inspiratoria Máxima (PIMáx)

Para saber cuál es la carga adecuada en la que realizaremos el entrenamiento es necesario conocer la Presión Inspiratoria Máxima (PIMáx) del sujeto a entrenar. El PIMáx es el reflejo de la funcionalidad máxima de la musculatura inspiratoria y el proceso de su estimación mediante un POWERbreathe, debe seguir un protocolo similar al que establecemos para conocer la Fuerza Máxima de un músculo o grupo muscular.

Para conocer el PIMáx se debe colocar el Nivel de Carga del POWERbreathe en la posición más baja. Y se realiza una inspiración máxima completa, luego se va ajustando la carga del dispositivo y realizando hasta llegar al nivel de intensidad que no somos capaces de superar. En diferentes estudios realizados se llega a la conclusión de que la intensidad ideal para producir las mejoras respiratorias deseadas, se encuentra en torno al 50-70% de la PIMáx.

CAPITULO III

HIPOTESIS Y DEFINICION DE VARIABLES

1. Formulación de hipótesis.

“La mejora de la función pulmonar, el aumento de la resistencia al ejercicio y la disminución de la percepción de esfuerzo muestran valores distintos en sujetos fumadores y no fumadores entre 18 y 25 años de edad, luego del entrenamiento de la musculatura inspiratoria mediante un incentivador respiratorio de tipo umbral y el uso de un protocolo de carga incremental 10 RM”.

Tipo de hipótesis: Causal Multivariada

Diferencia de grupos.

2. Definición conceptual y empírica de las variables.

2.1. Variables independientes a estudiar:

I) Entrenamiento de la musculatura inspiratoria:

Definición Conceptual

Consiste en someter a un entrenamiento de resistencia la musculatura inspiratoria que provoque una adaptación y transformación funcional o morfológica de esta, y por lo tanto, un aumento y mejora del rendimiento.

Definición operacional

El entrenamiento de este grupo muscular se compone del entrenamiento del diafragma, entrenamiento de músculos intercostales externos y escalenos; entrenamiento de musculatura accesoria de la inspiración: esternocleidomastoideo, pectoral mayor y menor, elevador de la escapula, serrato mayor y menor.

Tipo de variable: cualitativa.

Nivel de medición: Nominal bi-variada.

II) Protocolo de carga incremental 10 RM.

Definición Conceptual

Consiste en un entrenamiento estandarizado de series, repeticiones y periodos de pausas incrementales en relación a su intensidad, con el fin de generar resistencias a los ciclos inspiratorios.

Definición operacional

Este entrenamiento es realizado con el incentivador respiratorio POWERbreathe y su operacionalización se encuentra detallado en el capítulo IV “Métodos y técnicas” en la sección 4.3 “Diseño y tipo de investigación”.

Tipo de variable: Cuantitativa, discreta.

Nivel de medición de la variable: Interval.

2.2. Variables dependientes a estudiar:

l) Función pulmonar.

Definición Conceptual

La función pulmonar se refiere a todos los mecanismos que utilizan tanto las vías aéreas como el aparato pulmonar, para lograr que el oxígeno se desplace desde el aire hacia la sangre venosa y que el dióxido de carbono lo haga en sentido opuesto.

Definición operacional

Empíricamente está definida en relación a los siguientes parámetros:

- a. CVF. Capacidad vital forzada. Es el máximo volumen de aire exhalado después de una inspiración máxima expresado en litros. Variable cuantitativa.
- b. VEF1. Volumen espiratorio forzado en 1 segundo. Volumen de aire exhalado durante el primer segundo de la CVF o FVC expresado en litros. Variable cuantitativa.

Tipo de variable: Cuantitativa, continúa.

Nivel de medición: se considerara un nivel de medición con escala de tipo interval

Para evaluar la función pulmonar se utilizara un Espirómetro y el procedimiento será el siguiente:

- A. Calibrar el espirómetro verificar su calibración
- B. Presentarse y explicar la prueba
- C. Prepara al sujeto para la prueba.
 - i. Verificar contraindicaciones de la prueba.
 - ii. Investigar tabaquismo, enfermedad reciente, uso de medicamentos (broncodilatadores
 - iii. y ejercicio intenso). Estas circunstancias se deben investigar pero no contraindican la prueba.
 - iv. Procedimientos administrativos
 - v. Antropometría (pesar y medir al sujeto o paciente sin zapatos).
 - vi. Variables de medio ambiente.
- D. Instruir para la prueba:
 - i. Posición sentada con la cabeza ligeramente levantada.
 - ii. Inhalar rápidamente y de manera completa
 - iii. Posición correcta de la boquilla (circuito abierto)
 - iv. Exhalar con máximo esfuerzo
 - v. Mantener esfuerzo de exhalación hasta que se indique terminación (Pérez et al, 2005).

II) Percepción del esfuerzo.

Definición Conceptual

La percepción del esfuerzo es una condición psicológica subjetiva que incluye sensaciones de esfuerzo, tensión, incomodidad o fatiga, experimentadas durante el ejercicio.

Definición operacional

Empíricamente puede ser definida en relación a la Escala de Borg Modificada. Esta es una escala de la valoración de disnea que consta de 12 niveles numéricos de disnea (entre 0 y 10 puntos) con descriptores verbales para cada uno de ellos.

Tipo de variable: Cualitativa

Nivel de medición: se considerara un nivel de medición con escala de tipo ordinal.

El procedimiento para aplicar esta escala es el siguiente: El sujeto debe señalar su percepción de esfuerzo a la actividad mediante una descripción verbal o un nivel numérico establecido en la escala visual.

ESCALA DE BORG (modificada)
0: Nada de nada
0,5: Muy, muy ligera (apenas apreciable)
1: Muy ligera
2: Ligera
3: Moderada
4: Algo intensa
5: Intensa
6: Entre 5 y 7
7: Muy intensa
8: Entre 7 y 9
9: Muy, muy intensa (casi máxima)
10: Máxima

Fig. escala de borg por M.R.C: Medical Research Council; NYHA:New York Heart Association

III) Resistencia al ejercicio.

Definición Conceptual

La resistencia al ejercicio es una de las cualidades físicas para soportar la fatiga durante una actividad física a una intensidad y un tiempo determinado.

Definición operacional

Empíricamente puede ser definida en relación al VO₂max (consumo máximo de oxígeno) que presente el individuo durante el ejercicio.

El VO₂max es el volumen máximo consumido de oxígeno por el cuerpo cada minuto durante el ejercicio, al nivel del mar. Debido a que el consumo de oxígeno se relaciona linealmente con el gasto de energía, cuando nosotros medimos el consumo de oxígeno, estamos midiendo la capacidad máxima de un individuo de trabajar aeróbicamente en forma indirecta.

Tipo de variable: Cuantitativa

Nivel de medición: se considerara un nivel de medición con escala de tipo interval.

Para la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria y la estimación del máximo consumo de oxígeno se empleara el Test propuesto por Leger-Lambert o "Course Navette". Se trata de una prueba progresiva y máxima, de ida y vuelta (20 m), con periodos ("paliers") de un minuto, cuya validez y fiabilidad han sido ampliamente demostradas en la literatura, tanto en niños y adolescentes, como en adultos sedentarios y deportistas. Los valores de correlación son altos y significantes, variando de $r = 0.51$ a $r = 0.91$

Este test permite valorar tanto la capacidad funcional aeróbica del atleta como la capacidad de recuperación (Álvarez Medina et al. 2001). Siendo considerada como la prueba más específica para los deportes que requieren esfuerzos repetidos de duración corta (5 - 7 segundos) donde los sprints máximos se alternan durante un período de tiempo que se extiende entre 70 y 120 minutos (Fitzsimons et al. 1993).

La prueba consiste en recorrer una distancia de 20 metros, delimitada por dos líneas paralelas, a una velocidad creciente. La prueba comienza a una velocidad de 8.5 Km/h y se va

incrementando 0.14 m/s o 0.5 Km/h cada periodo de un minuto, siendo indicado el ritmo mediante señales sonoras.

Para la realización de la prueba es necesario: aparato reproductor de sonido con el protocolo de la prueba, 4 conos y hojas de anotación para registrar el número de trayectos de 20 metros efectuados. Es necesario indicar que antes de proceder a la realización de la prueba es preciso calibrar el reproductor de sonido para comprobar su velocidad de manera que los periodos establecidos de la reproducción coincidan con un minuto de tiempo real.

Para la estimación del VO₂ máx. existen diferentes fórmulas dependiendo de la población objeto de estudio (niños o adultos), en nuestro caso, emplearemos la propuesta por Leger y Gadoury (1989) para mayores de 18 años con “paliers” de 1 minuto, basada en la VMA (velocidad máxima aeróbica) o velocidad del último estadio en el que se retira el atleta:

$$\text{VO}_2 \text{ máx. (ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = -27.4 + (6.0 \times \text{VMA})$$

Para el registro será necesaria la siguiente tabla de registro:

TEST de LEGER-BOUCHER (COURSE NAVETTE)

Nivel 1

Jugador: _____

Fecha: _____

Nlv.	Vel.	INTERVALOS							
		1	2	3	4				
0	8.5	1 (40)	2 (80)	3 (120)	4 (160)				
1	9	1 (200)	2 (240)	3 (280)	4 (320)				
2	9.5	1 (360)	2 (400)	3 (440)	4 (480)				
3	10	1 (520)	2 (560)	3 (600)	4 (640)				
4	10.5	1 (680)	2 (720)	3 (760)	4 (800)	5* (820)			
5	11	1* (840)	2 (880)	3 (920)	4 (960)	5 (1000)			
6	11.5	1 (1040)	2 (1080)	3 (1120)	4 (1160)	5 (1200)			
7	12	1 (1240)	2 (1280)	3 (1320)	4 (1360)	5 (1400)			
8	12.5	1 (1440)	2 (1480)	3 (1520)	4 (1560)	5 (1600)			
9	13	1 (1640)	2 (1680)	3 (1720)	4 (1760)	5 (1800)	6* (1820)		
10	13.5	1* (1840)	2 (1880)	3 (1920)	4 (1960)	5 (2000)	6 (2040)		
11	14	1 (2080)	2 (2120)	3 (2160)	4 (2200)	5 (2240)	6 (2280)		
12	14.5	1 (2320)	2 (2360)	3 (2400)	4 (2440)	5 (2480)	6 (2520)		
13	15	1 (2560)	2 (2600)	3 (2640)	4 (2680)	5 (2720)	6 (2760)		
14	15.5	1 (2800)	2 (2840)	3 (2880)	4 (2920)	5 (2960)	6 (3000)	7* (3020)	
15	16	1* (3040)	2 (3080)	3 (3120)	4 (3160)	5 (3200)	6 (3240)	7 (3280)	
16	16.5	1 (3320)	2 (3360)	3 (3400)	4 (3440)	5 (3480)	6 (3520)	7 (3560)	8 (3600)

Marcar con una cruz cada etapa que fue completando en las diferentes velocidades.

La primera vez que no alcance la línea con la señal será parado, anotando el periodo en que se quedó (F).

OBSERVACIONES	Nivel de velocidad Intervalo	Total distancia	Comentarios

Medición del esfuerzo inspiratoria máximo: 10 RM

Cada semana en el primer día de entrenamiento se realizó la medición del esfuerzo máximo inspiratorio, denominado 10 RM, donde cada sujeto debía hacer 10 inspiraciones en el nivel máximo de cada sujeto y a ese nivel según el POWERbreathe se le sacaba el 60 y 80% para el entrenamiento semanal.

CAPITULO IV

METODOS Y TECNICAS

1. Objetivos de la investigación.

Objetivo general:

Conocer la respuesta de una población fumadora y no fumadora de ambos sexos a un entrenamiento de la musculatura inspiratoria con el uso del protocolo de carga incremental de 10RM.

Objetivos específicos:

- Determinar la variabilidad de la función pulmonar al realizar el plan de entrenamiento.
- Conocer el consumo de oxígeno máximo de cada sujeto y su respuesta al protocolo de entrenamiento.
- Conocer si la tolerancia al ejercicio después de someterse al plan de entrenamiento por un tiempo determinado se ve favorecida.
- Conocer si cada sujeto de estudio al ser entrenado tan solo con el uso de POWERbreathe y el protocolo de carga incremental 10 RM por un determinado tiempo, disminuye su percepción de esfuerzo.

- Conocer si existe una relación entre la variable sexo y el entrenamiento de la musculatura inspiratoria con el uso del protocolo de carga incremental 10 RM.
- Conocer si el entrenamiento de la musculatura inspiratoria mediante el protocolo de carga incremental 10 RM genera un impacto positivo en una población universitaria fumadora o no fumado

2. Paradigma de investigación.

Este estudio está realizado con un Paradigma positivista ya que busca constatar cuantitativamente las características de las variables estudiadas, yendo de lo general a lo particular. Concibe relaciones entre variables conforme a un mecanismo causal y procede mediante un pensamiento analítico.

3. Diseño y tipo de investigación.

Tipo de diseño: Diseño Experimental puro.

Se realizará una medición inicial a todos los sujetos, previo a la aplicación de las 4 semanas de entrenamiento de la musculatura inspiratoria (entrenamiento detallado a continuación). Posterior a las 4 semanas de entrenamiento, se realizara una medición final.

Grupo experimental (Protocolo de carga incremental 10 RM):

Primera semana:

2 series de 25 respiraciones al 60 % de su 10 RM

2 series de 25 respiraciones al 80 % de su 10 RM

Con un tiempo de descanso de 30 segundos entre cada serie.

Segunda semana:

2 series de 25 respiraciones al 60 % de su 10 RM

2 series de 25 respiraciones al 80 % de su 10 RM

Con un tiempo de descanso de 25 segundos entre cada serie.

Tercera semana:

2 series de 25 respiraciones al 60 % de su 10 RM

2 series de 25 respiraciones al 80 % de su 10 RM

Con un tiempo de descanso de 20 segundos entre cada serie.

Cuarta semana:

2 series de 25 respiraciones al 60 % de su 10 RM

2 series de 25 respiraciones al 80 % de su 10 RM

Con un tiempo de descanso de 15 segundos entre cada serie.

Nota: Antes del primer entrenamiento de cada semana se determinara la carga de trabajo individual mediante la valoración de los 10 RM de cada sujeto, utilizando el incentivador POWERbreath.

Grupo control (Protocolo de baja intensidad no incremental):

2 series de 10 respiraciones al 20% de sus 10 RM con un tiempo de descanso igual al entrenamiento del grupo experimental.

Nota: Antes del primer entrenamiento de cada semana se determinara la carga de trabajo individual mediante la valoración de los 10 RM de cada sujeto, utilizando el incentivador POWERbreath.

Los grupos del estudio son:

Grupos	
Grupo 1	Experimental Fumador
Grupo 2	Control Fumador
Grupo 3	Experimental No fumador
Grupo 4	Control No Fumador

Las mediciones a evaluar antes y después del entrenamiento de 4 semanas de la musculatura inspiratoria son:

- I. Función pulmonar: VEF1 y CVF, mediante espirometría.
- II. Resistencia al ejercicio: Vo2max, mediante Test Navette.
- III. Percepción del esfuerzo: Escala de Borg.

Carga de trabajo: Se evaluara los 10 RM de cada sujeto mediante el dispositivo POWERbreathe semanalmente.

Tipo de estudio: Estudio de corte Aplicado, cuantitativo, transversal, descriptivo, correlacional.

4. Población.

La población está compuesta por 62 estudiantes, sujetos cautivos de 2 cursos, uno de primero y otro de segundo año de kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez, fumadores y no fumadores de ambos sexos.

Criterios de inclusión: Sujetos entre 18 y 25 años, estudiante de primer y segundo año de la carrera de kinesiología de la UCSH

Criterio de exclusión: Para efectos del análisis de los resultados se determina que se excluirá a todos aquellos sujetos que cumplan con menos del 75% de asistencia a los entrenamientos.

Los 62 sujetos se distribuirán aleatoriamente de la siguiente manera:

Grupo experimental 1 Nº: 14	Grupo Control 1 Nº: 15
Grupo experimental 2 Nº: 16	Grupo Control 2 Nº: 17

5. Técnicas e instrumentos de investigación.

Las técnicas de medición contempladas en esta investigación, y que proveen de información necesaria para el estudio son:

1.- Espirómetro.

3.- Escala de Borg.

2.-Test Naveta

4.- Dispositivo POWERrbreathe.

6. Métodos y técnicas para el análisis de datos

Elementos de estadística descriptiva.

Para poder analizar los datos utilizaremos:

- I. Tablas de frecuencia, y gráficos de barra y de torta de los resultados obtenidos en las mediciones iniciales y finales.
- II. Modas, medianas, medias y desviaciones estándares de los parámetros obtenidos en las mediciones.
- III. Modas, medianas, medias y desviaciones estándares de las edades, talla y peso de los sujetos.

7. Procedimientos para asegurar la validez y confiabilidad.

En cuanto a la validez y confiabilidad de los test y protocolos utilizados en este estudio es importante mencionar que, por ser test estandarizados y de usos rutinarios tanto en investigaciones como en utilización medica y deportiva a nivel mundial, su seguridad, validez y confiabilidad están garantizadas. Por este motivo podemos asegurar que si en otra investigación se estudian estas mismas variables en circunstancias similares debieran obtenerse resultados parecidos.

CAPITULO V

1. Relato de procedimientos.

La investigación, tanto las mediciones iniciales, finales y las cuatro semanas de entrenamiento, se realizaron dentro de las dependencias de la Universidad Católica Silva Henríquez, sede de deportes ubicada en Carmen #350 Santiago Centro, con alumnos de kinesiología de primer y segundo año de la asignatura de Kinesiología Deportiva, entre 18 y 25 años.

Al tiempo de iniciarse la intervención, del total de 62 sujetos cauticos iniciales, fumadores y no fumadores de ambos sexos, se descartaron 20 debido a una inasistencia de 75% o más a los entrenamientos, quedando un total de 42 sujetos.

Conformación de los grupos

En definitiva, los grupos quedaron constituidos de la siguiente manera:

Grupo experimental 1 Nº: 9	Grupo Control 2 Nº: 7
Grupo experimental 3 Nº 13	Grupo Control 4 Nº: 13

Etapas de la intervención:

ETAPAS	FECHAS	PROCEDIMIENTO
Etapa 1	29 octubre al 2 de noviembre 2012	Medición inicial.
Etapa 2	5 al 30 de noviembre del 2012	Entrenamiento musculatura inspiratoria.
Etapa 3	3 al 7 de diciembre del 2012	Medición final.

a) Etapa 1: Medición inicial.

En la primera semana se obtuvieron los datos generales de los sujetos como el peso, la talla, la edad, el sexo y el habito tabáquico, se llevo a cabo mediante:

- Una prueba espirométrica con el espirómetro Spiro Analyzer ST-75 en el laboratorio de biomecánica de la universidad, realizando tres pruebas a cada sujeto de las cuales se considero la que obtuvo parámetros mayores.

-Posterior a esto, se realizó el Test de Navette dentro de un gimnasio en las dependencias de la universidad, según el protocolo ya detallado en el capítulo III “Hipótesis y definición de variables”.

-De inmediato a la realización del test, el sujeto debió cuantificar su nivel de esfuerzo mediante la escala Borg modificada por la Medical Research Council.

b) Etapa 2: Entrenamiento de la musculatura inspiratoria.

Durante las cuatro semanas de entrenamiento los investigadores estuvieron presentes en la universidad 4 días por semana siendo estos los días lunes, miércoles, jueves y viernes desde las 10 am a las 14 pm. Se elaboro una lista de asistencia en donde los sujetos debían registrar sus entrenamientos realizados, debiendo cumplir 3 semanales dentro del horario establecido para cada sujeto. Además se mantuvo un registro escrito del progreso semanal de las cargas de trabajo de cada uno.

El protocolo de entrenamiento ya fue referido en el capítulo III “Hipótesis y definición de variables”

Cada semana en el primer día de entrenamiento se realizó la medición del esfuerzo máximo inspiratorio, denominado 10 RM, donde cada sujeto debía hacer 10 inspiraciones en el nivel máximo de cada sujeto y a ese nivel según el POWERbreathe se le sacaba el 60 y 80% para en entrenamiento semanal.

c) Etapa 3: Medición final.

La medición final se realizo de igual manera que la medición inicial, tanto en la Espirometría, el test Navette y la escala de Borg. En cuanto al Test De Navette, sus resultados fueron utilizados para determinar el VO2max de cada sujeto de forma indirecta.

Los datos obtenidos en la medición inicial y final fueron tabulados en una planilla Excel Microsoft office 2007.

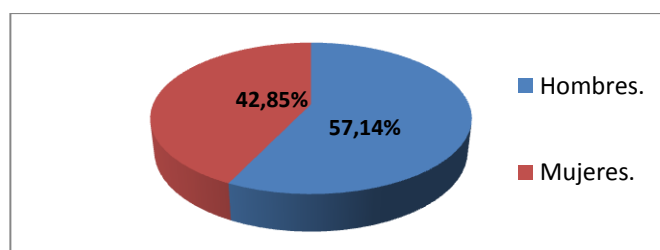
2. Resultados de la estadística descriptiva.

2.1 Descripción general.

Tabla y grafico N°1: Porcentaje por sexo en población general.

Sexo	N°	% de la población general.
Hombres	24	57,14%
Mujeres	18	42,85%
Total	42	100%

En la tabla N °1 se muestra que la población está compuesta por un total de 42 sujetos, donde el 57,14% pertenece a sujetos de sexo masculino, mientras que el 42,85% pertenece a sujetos de sexo femenino.

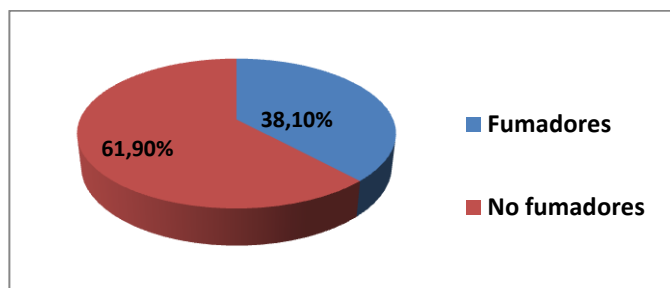


En el gráfico N° 1 se muestra porcentualmente como se divide la población en cuanto al sexo, observándose que la presencia del sexo masculino es 14,29% mayor que la del sexo femenino en la población estudiada.

Tabla y grafico N°2: Porcentaje de fumadores-no fumadores en población general.

Habito tabáquico	N°	% de la población general.
Fumadores	16	38,10%
No fumadores	26	61,90%
Total	42	100%

La tabla N°2. Muestra que la población está compuesta mayoritariamente por sujetos no fumadores, siendo un 61,90 % su superioridad porcentual.

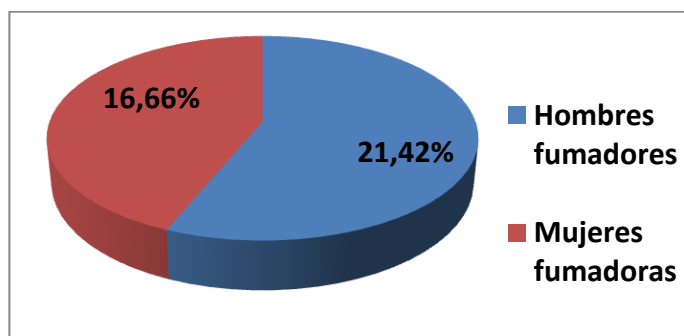


En el gráfico N° 2 muestra que la población está compuesta por sujetos fumadores y no fumadores, donde el 38,10% son fumadores y el 61,90% no lo son.

Tabla y grafico N°3: Sexo/ Hábito Tabáquico.

Habito tabáquico (+) /sexo	N°	% de la población general.
Hombres Fumadores	9	21,42%
Mujeres Fumadoras	7	16,66%
Total	16	38,08%

La tabla N°3 muestra que existen diferencias al relacionar el habito tabáquico y el sexo, destacándose que el sexo masculino posee un mayor porcentaje de sujetos con habito tabáquico activo.

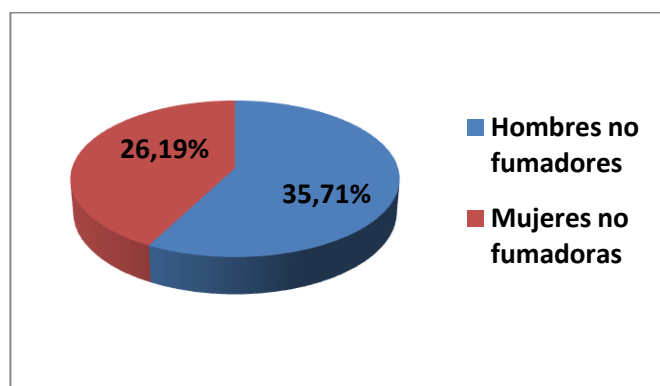


En el gráfico N°3 se muestra la distribución de la población fumadora total dividida por sexos correspondiendo a un 38,08% , y se destaca que la presencia de hombres fumadores es 4,76% superior que la del sexo femenino.

Tabla y grafico N°4 Sexo v/s Habito no tabáquico

Habito tabáquico (-) /sexo	N°	% de la población general.
Hombres No Fumadores	15	35,71%
Mujeres No Fumadoras	11	26,19%
Total	26	61,9%

En la Tabla N°4 se corrobora la información obtenida en la tabla N°3, destacándose en esta ocasión que del total de la población estudiada el 61,9% corresponde a sujetos no fumadores.

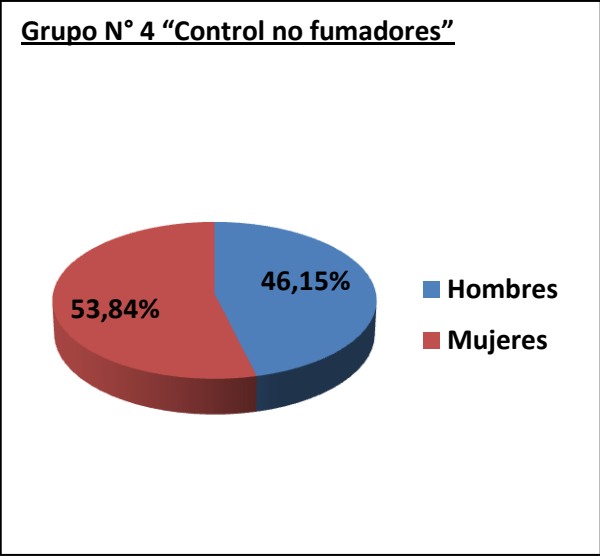
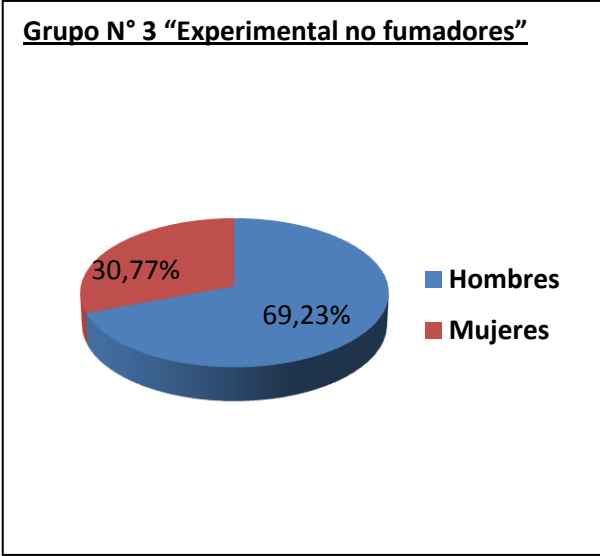
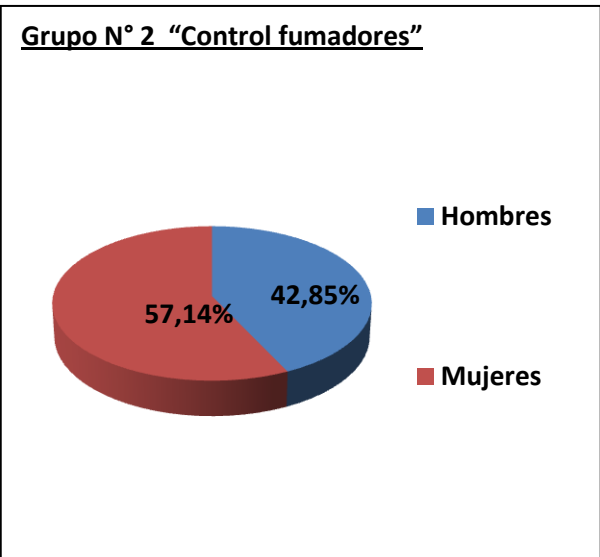
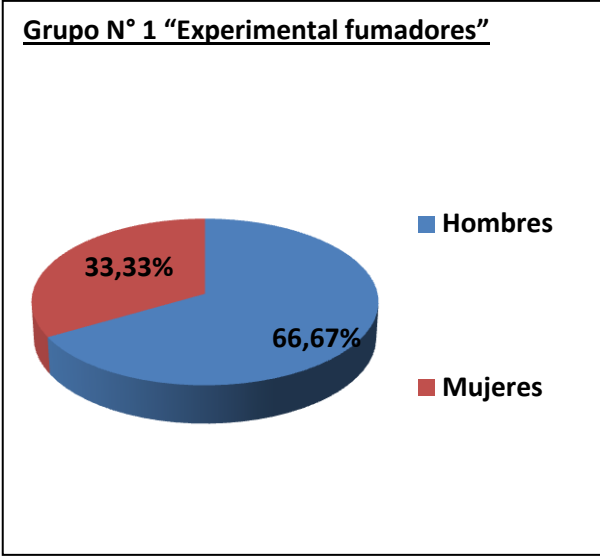


En el gráfico N°4 se muestra la distribución de la población no fumadora total dividida por sexos correspondiendo a un 61,9%, destacándose que los sujetos no fumadores son mayoritariamente del sexo masculino.

Tabla y grafico N° 5: Distribución por sexo/ fumadores-no fumadores por grupos de estudio.

Grupo 1: “Experimental Fumadores”	N°	%	Grupo 2: “Control Fumadores”	N°	%
Hombres Fumadores	6	66,67%	Hombres Fumadores	3	42,85%
Mujeres Fumadoras	3	33,33%	Mujeres Fumadoras	4	57,14%
Total	9	100%	Total	7	100%
Grupo 3: “Experimental No Fumadores”	N°	%	Grupo 4: “Control No Fumadores”	N°	%
Hombres No Fumadores	9	69,23%	Hombres No Fumadores	6	46,15%
Mujeres No Fumadoras	4	30,77%	Mujeres No Fumadoras	7	53,84%
Total	13	100%	Total	13	100%

La tabla N°5 muestra los 4 grupos de estudio distribuidos por sexo y hábito tabáquico, se debe considerar que el “N°” representa el número de sujetos y “%” la representación porcentual de “N°”. Es relevante notar que los sujetos fumadores son mayoritariamente de sexo masculino, y que el número de sujetos no fumadores es mayor que el de fumadores.



En el grafico N°5 se puede observar la distribución porcentual por grupo relacionado con la variable sexo. Además, se puede destacar que los grupos experimentales poseen un mayor porcentaje de sujetos de sexo masculino que de sexo femenino. Mientras que en los grupos controles la relación porcentual entre hombres y mujeres es más similar.

Tabla N° 6: Resumen estadístico de variables peso, talla y edad.

Peso		Talla		Edad	
Moda	60	Moda	164	Moda	19
Mediana	62	Mediana	164	Mediana	19
Media	62,30	Media	164,23	Media	20
Desviación Estándar.	7,09	Desviación Estándar.	7,013	Desviación Estándar.	1,4
Rango min.	50	Rango min.	150	Rango min.	18
Rango max.	73	Rango max.	173	Rango max.	23

En la tabla anterior se detalla el resumen estadístico de las variables peso, talla y edad de la muestra completa (n=42), en las cuales no hubieron variaciones durante las mediciones inicial y final.

Representación gráfica de la distribución del peso, la talla y la edad

Grafico N°6: Distribución del Peso (kg) de la muestra total estudiada.

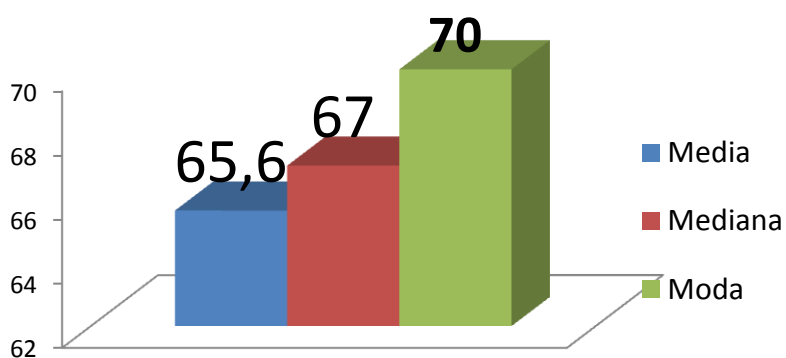


Grafico N°7: Distribución de la talla (cm) de la muestra total estudiada

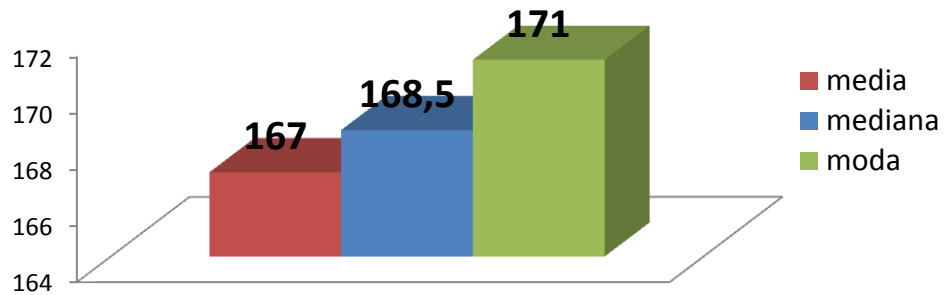
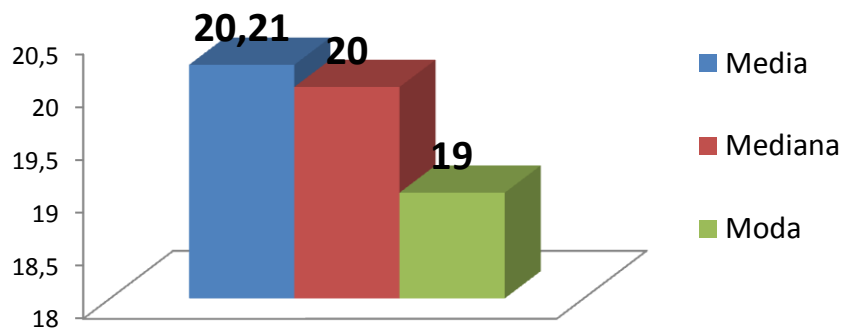


Grafico N°8: Distribución de la edad (años) de la muestra total estudiada



Los gráficos números 6,7 y 8 destacan que en relación a la edad, la población estudiada se puede definir como edad joven y que según su peso muestra ser de características delgadas y que la talla media es de 1,67 cm.

2.2 Descripción las variables estudiadas.

1) Distribución estadística de la variable función pulmonar.

a) Capacidad Vital forzada (CVF).

Tabla N° 14: Distribución estadística de la CVF fumadores-no fumadores de la población investigada.

Fumadores				No Fumadores.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	4,08	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	6,37
Mediana	4,94	Mediana	5,02	Mediana	4,9	Mediana	4,68
Media	4,84	Media	5	Media	4,7	Media	4,82
Desviación estándar	0,81	Desviación estándar	0,89	Desviación estándar	0,96	Desviación estándar	0,99
Mínimo	3,58	Mínimo	3,65	Mínimo	2,75	Mínimo	3,24
Máximo	6,23	Máximo	6,41	Máximo	6,24	Máximo	6,7

En la tabla N° 14 se detallan las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF de todos sujetos fumadores y no fumadores de la población estudiada. Se destaca el aumento de los valores finales por sobre los iniciales tanto en los sujetos fumadores como en los fumadores.

Tabla N° 15: Distribución estadística descriptivo de la CVF en sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada.

Hombres				Mujeres			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	5,41	Moda	5,51	Moda	3,93	Moda	4,68
Mediana	5,36	Mediana	5,51	Mediana	3,99	Mediana	4,03
Media	5,37	Media	5,54	Media	3,95	Media	4,01
Desviación estándar	0,59	Desviación estándar	0,65	Desviación estándar	0,49	Desviación estándar	0,43
Mínimo	4,04	Mínimo	4,2	Mínimo	2,75	Mínimo	3,24
Máximo	6,24	Máximo	6,7	Máximo	5,17	Máximo	4,68

En la tabla n° 15 se detallan las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF en sujetos de sexo masculino y femenino de población estudiada. Se destaca el aumento de los valores finales por sobre los iniciales en los sujetos de sexo masculino y femenino.

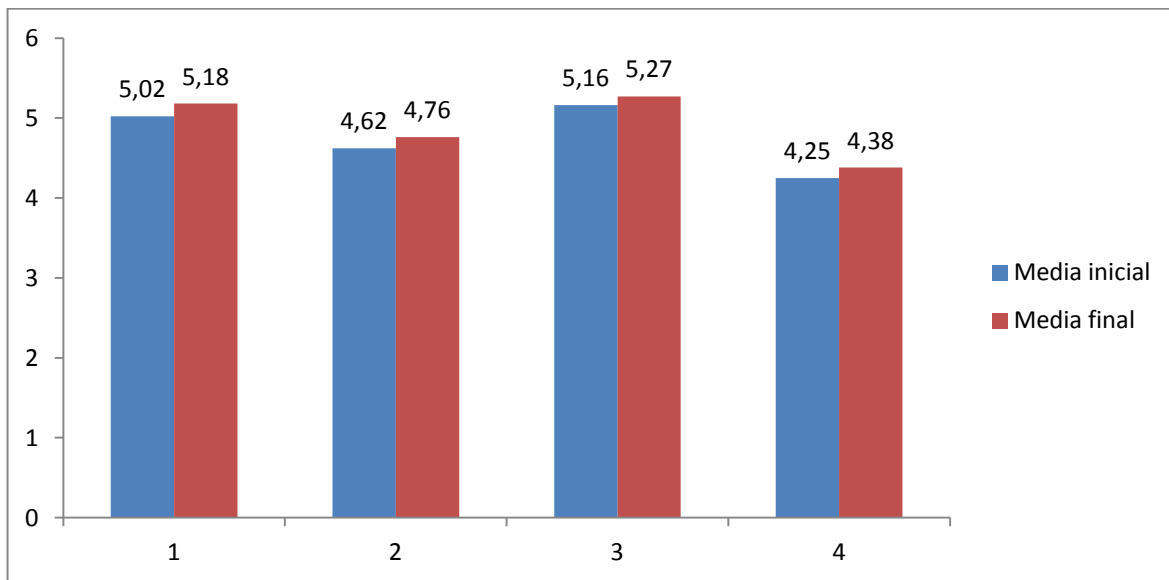
Tabla N° 16: Distribución estadística descriptivo de la CVF por grupos.

Grupo 1 "Experimental fumadores"				Grupo 2 "Control fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	4,08	Moda	N/A
Mediana	5,34	Mediana	5,52	Mediana	4,23	Mediana	4,27
Media	5,02	Media	5,18	Media	4,62	Media	4,76
Desviación estándar	0,90	Desviación estándar	0,92	Desviación estándar	0,69	Desviación estándar	0,85
Mínimo	3,58	Mínimo	3,65	Mínimo	3,93	Mínimo	3,78
Máximo	6,23	Máximo	6,41	Máximo	5,55	Máximo	5,87
Grupo 3 "Experimental no fumadores"				Grupo 4 "Control no fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	6,37	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	5,17	Mediana	5,44	Mediana	4,04	Mediana	4,32
Media	5,16	Media	5,27	Media	4,25	Media	4,38
Desviación estándar	0,78	Desviación estándar	0,87	Desviación estándar	0,92	Desviación estándar	0,93
Mínimo	3,7	Mínimo	3,72	Mínimo	2,75	Mínimo	3,24
Máximo	6,23	Máximo	6,37	Máximo	6,24	Máximo	6,7

En la tabla N° 16 se detallan las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF por grupo de estudio. Se observa que en todos los grupos, tanto experimentales como controles, al igual que en las tablas 14 y 15 se produjo un aumento de la media de los valores finales de la CVF. Además se puede observar que el grupo N°3, experimental no fumadores, presento los valores finales más altos de la población estudiada, y

la variación de los valores finales por sobre los iniciales mas alta la presento el grupo N°1, experimental fumadores.

Grafico N°9: Representación grafica comparativa de la CVF por grupos.



El grafico N°19 muestra las medias de la CVF alcanzadas por cada grupo, en donde en el eje X se encuentran los grupos del 1 al 4 y en el eje Y las medias iniciales y finales de cada grupo.

Distribución estadística de la CVF según sexo en cada uno de los grupos.

Tabla N° 17: Distribución estadística de la CVF según sexo en el grupo 1.

Grupo N°1 "Experimental fumadores"							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	5,52	Mediana	5,65	Mediana	4,13	Mediana	4,05
Media	5,55	Media	5,70	Media	3,96	Media	4,12
Desviación estándar	0,48	Desviación estándar	0,52	Desviación estándar	0,33	Desviación estándar	0,51
Mínimo	4,83	Mínimo	4,9	Mínimo	3,58	Mínimo	3,65
Máximo	6,23	Máximo	6,41	Máximo	4,19	Máximo	4,68

En la tabla N° 17 se detallan las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF según el sexo en el grupo 1 experimental fumadores, recordando que tal como se comentó en la tabla N° 16 fue precisamente este grupo el que mostró un mayor aumento de la media de los valores finales, siendo similar el aumento encontrado en ambos sexos.

Tabla N° 18: Distribución estadística de la CVF según sexo en el grupo 2.

Grupo N°2 “Control fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	4,08	Moda	N/A
Mediana	5,41	Mediana	5,6	Mediana	4,08	Mediana	4,17
Media	5,34	Media	5,66	Media	4,08	Media	4,09
Desviación estándar	0,25	Desviación estándar	0,18	Desviación estándar	0,12	Desviación estándar	0,22
Mínimo	5,06	Mínimo	5,51	Mínimo	3,93	Mínimo	3,78
Máximo	5,55	Máximo	5,87	Máximo	4,23	Máximo	4,27

En la tabla N°18 se detallan las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF según el sexo en el grupo 2 control fumadores, destacando que en ambos sexos aumentaron los valores finales, siendo significativamente mayor el aumento en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 19: Distribución estadística de la CVF según sexo en el grupo 3.

Grupo N°3 “Experimental no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	6,37	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	5,29	Mediana	5,51	Mediana	4,29	Mediana	4,33
Media	5,52	Media	5,72	Media	4,36	Media	4,26
Desviación estándar	0,55	Desviación estándar	0,58	Desviación estándar	0,63	Desviación estándar	0,47
Mínimo	4,92	Mínimo	4,69	Mínimo	3,7	Mínimo	3,72
Máximo	6,23	Máximo	6,37	Máximo	5,17	Máximo	4,68

La tabla N° 19 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF según el sexo en el grupo 3 experimental no fumadores, destacándose que únicamente aumentaron la media de los valores finales de los sujetos de sexo masculino. Mientras que en los sujetos de sexo femenino la media de los valores finales presentó una disminución.

Tabla N° 20: Distribución estadística de la CVF según sexo en el grupo 4.

Grupo N°4 “Control no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	4,9	Mediana	4,85	Mediana	3,66	Mediana	3,62
Media	4,98	Media	5,07	Media	3,63	Media	3,78
Desviación estándar	0,77	Desviación estándar	0,89	Desviación estándar	0,46	Desviación estándar	0,43
Mínimo	4,04	Mínimo	4,2	Mínimo	2,75	Mínimo	3,24
Máximo	6,24	Máximo	6,7	Máximo	4,2	Máximo	4,38

La tabla N° 20 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la CVF según el sexo en el grupo 4 control no fumadores, destacando que en ambos sexos aumentaron los valores finales, siendo mayor el aumento en los sujetos de sexo femenino.

b) Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1).

Tabla N° 21: Distribución estadística del VEF1 fumadores-no fumadores de la población investigada.

Fumadores				No Fumadores.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	3,22	Moda	4,38	Moda	4,02
Mediana	4,16	Mediana	4,16	Mediana	4,16	Mediana	4,05
Media	4,13	Media	4,28	Media	4,09	Media	4,16
Desviación estándar	0,79	Desviación estándar	0,82	Desviación estándar	0,8	Desviación estándar	0,77
Mínimo	3,07	Mínimo	3,22	Mínimo	2,09	Mínimo	2,47
Máximo	5,5	Máximo	5,71	Máximo	5,3	Máximo	5,55

La tabla N° 21 se detallan las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 de todos los sujetos fumadores y no fumadores de la población estudiada, destacándose que tanto fumadores como no fumadores presentaron aumentos en la media de sus valores finales, siendo mayor este aumento en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 22: Distribución estadística del VEF1 en los sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada.

Hombres				Mujeres			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	4,94	Moda	4,88	Moda	3,93	Moda	4,68
Mediana	4,60	Mediana	4,82	Mediana	3,99	Mediana	4,03
Media	4,61	Media	4,72	Media	3,95	Media	4,01
Desviación estándar	0,50	Desviación estándar	0,57	Desviación estándar	0,49	Desviación estándar	0,43
Mínimo	3,59	Mínimo	3,73	Mínimo	2,75	Mínimo	3,24
Máximo	5,5	Máximo	5,71	Máximo	5,17	Máximo	4,68

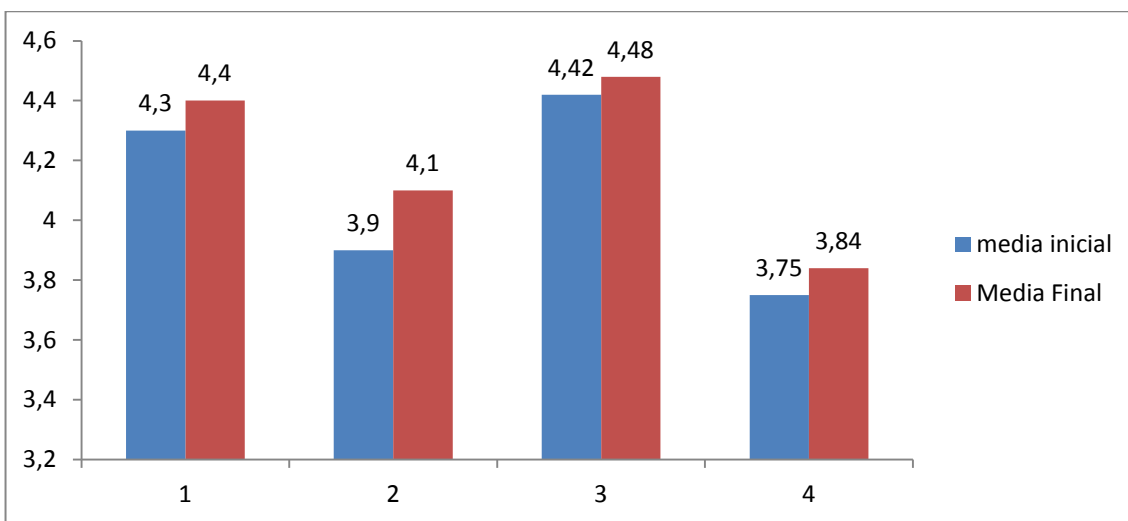
La tabla N° 22 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 en sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo significativamente mayor en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 23: Distribución estadística del VEF1 por grupos.

Grupo 1 "Experimental fumadores"				Grupo 2 "Control fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	4,4	Mediana	4,3	Mediana	3,7	Mediana	3,8
Media	4,3	Media	4,4	Media	3,9	Media	4,1
Desviación estándar	0,8	Desviación estándar	0,9	Desviación estándar	0,7	Desviación estándar	0,8
Mínimo	3,2	Mínimo	3,2	Mínimo	3,1	Mínimo	3,2
Máximo	5,5	Máximo	5,7	Máximo	4,7	Máximo	5
Grupo 3 "Experimental no fumadores"				Grupo 4 "Control no fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	4,02	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	4,38	Mediana	4,42	Mediana	3,59	Mediana	3,73
Media	4,42	Media	4,48	Media	3,75	Media	3,84
Desviación estándar	0,56	Desviación estándar	0,63	Desviación estándar	0,88	Desviación estándar	0,79
Mínimo	3,37	Mínimo	3,4	Mínimo	2,09	Mínimo	2,47
Máximo	5,3	Máximo	5,47	Máximo	5,26	Máximo	5,55

En la tabla N°23 se detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 por grupo, destacando que las medias de los valores finales aumentaron en cada uno de los grupos de estudio, siendo el grupo 4, control no fumadores, quien aumento en mayor medida.

Grafico N°10: Representación grafica comparativa del VEF1 por grupos



En el grafico N°10, se muestran las medias del VEF1 alcanzados por cada grupo, en donde en el eje X se encuentran los grupos del 1 al 4 y en el eje Y los valores iniciales y finales de cada grupo.

Distribución estadística de la VEF1 según sexo en cada uno de los grupos.

Tabla N° 24: Distribución estadística de la VEF1 según sexo en el grupo 1.

Grupo N°1 “Experimental fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	4,77	Mediana	4,87	Mediana	3,58	Mediana	3,51
Media	4,78	Media	4,87	Media	3,44	Media	3,6
Desviación estándar	0,58	Desviación estándar	0,69	Desviación estándar	0,24	Desviación estándar	0,43
Mínimo	3,96	Mínimo	4	Mínimo	3,16	Mínimo	3,22
Máximo	5,5	Máximo	5,71	Máximo	3,6	Máximo	4,07

La tabla N°24 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 según el sexo en el grupo 1 experimental fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo significativamente mayor en sujetos de sexo femenino.

Tabla N° 25: Distribución estadística de la VEF1 según sexo en el grupo 2.

Grupo N°2 “Control fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	4,68	Mediana	4,88	Mediana	3,23	Mediana	3,46
Media	4,62	Media	4,88	Media	3,30	Media	3,47
Desviación estándar	0,15	Desviación estándar	0,12	Desviación estándar	0,27	Desviación estándar	0,22
Mínimo	4,45	Mínimo	4,76	Mínimo	3,07	Mínimo	3,22
Máximo	4,74	Máximo	5,01	Máximo	3,68	Máximo	3,76

La tabla N°25 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 según el sexo en el grupo 2 control fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo significativamente mayor en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 26: Distribución estadística de la VEF1 según sexo en el grupo 3.

Grupo N°3 “Experimental no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	4,02
Mediana	4,6	Mediana	4,9	Mediana	3,89	Mediana	3,97
Media	4,66	Media	4,76	Media	3,86	Media	3,84
Desviación estándar	0,44	Desviación estándar	0,51	Desviación estándar	0,38	Desviación estándar	0,29
Mínimo	3,94	Mínimo	4,07	Mínimo	3,37	Mínimo	3,4
Máximo	5,3	Máximo	5,47	Máximo	4,3	Máximo	4,02

La tabla N°26 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 según el sexo en el grupo 3 experimental no fumadores, se puede observar que únicamente los sujetos de sexo masculino aumentaron la media de los valores finales. Mientras que en los sujetos de sexo femenino se mostró una disminución de sus valores.

Tabla N° 27: Distribución estadística de la VEF1 según sexo en el grupo 4.

Grupo N°4 “Control no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	4,2	Mediana	4,21	Mediana	3,13	Mediana	3,31
Media	4,35	Media	4,43	Media	3,23	Media	3,33
Desviación estándar	0,63	Desviación estándar	0,66	Desviación estándar	0,72	Desviación estándar	0,45
Mínimo	3,59	Mínimo	3,73	Mínimo	2,09	Mínimo	2,47
Máximo	5,26	Máximo	5,55	Máximo	4,56	Máximo	3,91

La tabla N°27 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 según el sexo en el grupo 4 control no fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo mayor en sujetos de sexo femenino.

2) Distribución estadística de la variable Resistencia al ejercicio (VO2máx).

Tabla N°28: Distribución estadística del VO2máx en fumadores-no fumadores de la población investigada.

Fumadores				No Fumadores.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	32,32	Moda	35,59	Moda	33,95	Moda	53,83
Mediana	35,59	Mediana	36,38	Mediana	33,95	Mediana	38,00
Media	33,59	Media	36,22	Media	35,00	Media	38,30
Desviación estándar	8,43	Desviación estándar	9,26	Desviación estándar	9,59	Desviación estándar	10,06
Mínimo	13,52	Mínimo	15,14	Mínimo	17,25	Mínimo	18,87
Máximo	44,34	Máximo	47,57	Máximo	50,59	Máximo	53,83

La tabla N°28 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VEF1 en sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo significativamente mayor en sujetos no fumadores.

Tabla N° 29: Distribución estadística del VO2máx en los sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada.

Hombres				Mujeres			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	38,63	Moda	53,83	Moda	33,95	Moda	22,60
Mediana	38,80	Mediana	43,48	Mediana	27,58	Mediana	30,18
Media	39,80	Media	43,24	Media	27,35	Media	29,87
Desviación estándar	6,50	Desviación estándar	6,93	Desviación estándar	6,95	Desviación estándar	7,34
Mínimo	24,72	Mínimo	26,33	Mínimo	13,52	Mínimo	15,14
Máximo	50,59	Máximo	53,83	Máximo	37,03	Máximo	40,27

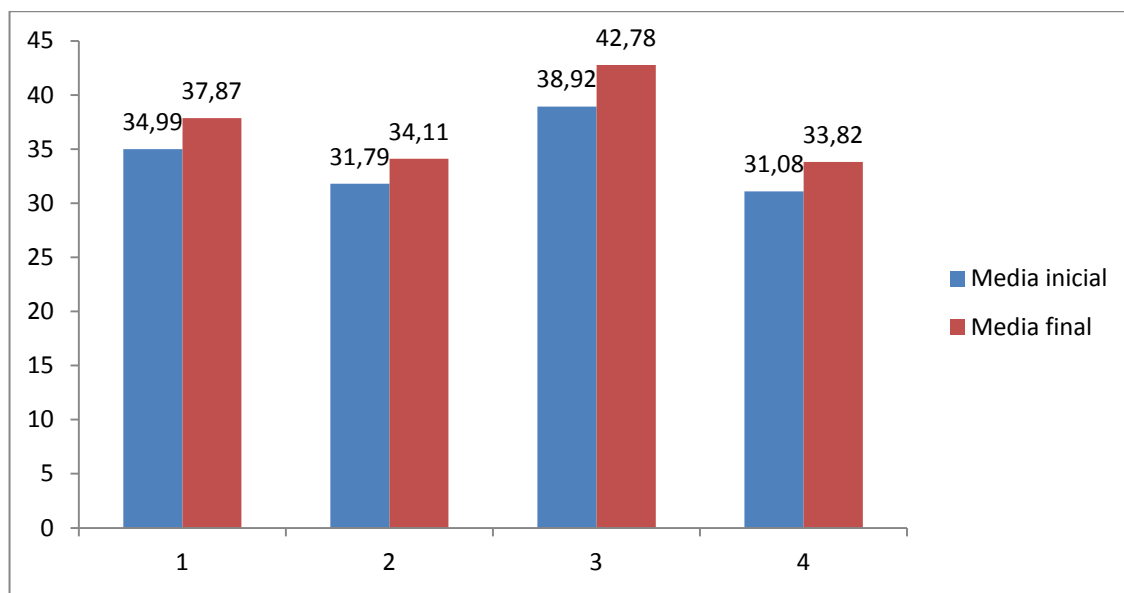
La tabla N° 29 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VO2máx en sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo significativamente mayor en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 30: Distribución estadística del VO2máx por grupos.

Grupo 1 "Experimental fumadores"				Grupo 2 "Control fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	35,59	Moda	35,59
Mediana	38,63	Mediana	40,24	Mediana	35,59	Mediana	35,59
Media	34,99	Media	37,87	Media	31,79	Media	34,11
Desviación estándar	9,47	Desviación estándar	10,36	Desviación estándar	7,16	Desviación estándar	7,88
Mínimo	13,52	Mínimo	15,14	Mínimo	20,98	Mínimo	22,60
Máximo	44,34	Máximo	47,57	Máximo	38,63	Máximo	43,48
Grupo 3 "Experimental no fumadores"				Grupo 4 "Control no fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	33,95	Moda	38,81	Moda	22,85	Moda	37,19
Mediana	38,63	Mediana	43,48	Mediana	30,87	Mediana	32,49
Media	38,92	Media	42,78	Media	31,08	Media	33,82
Desviación estándar	8,14	Desviación estándar	8,65	Desviación estándar	9,60	Desviación estándar	9,61
Mínimo	20,98	Mínimo	22,60	Mínimo	17,25	Mínimo	18,87
Máximo	50,59	Máximo	53,83	Máximo	50,59	Máximo	53,83

En la tabla N°30 se detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VO2máx por grupo, destacando que las medias de los valores finales aumentaron en cada uno de los grupos de estudio, siendo el grupo 3, experimental no fumadores, quien aumento en mayor medida.

Grafico N°11: Representación grafica comparativa del VEF1 por grupos



En el grafico N°11 anterior se muestran las medias del VO2max alcanzados por cada grupo, en donde en el eje X se encuentran los grupos del 1 al 4 y en el eje Y los valores iniciales y finales de cada grupo.

Distribución estadística del VO2máx según sexo en cada uno de los grupos.

Tabla N° 31: Distribución estadística de la VO2máx según sexo en el grupo 1.

Grupo N°1 “Experimental fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	40,38	Mediana	44,42	Mediana	29,16	Mediana	30,78
Media	39,98	Media	43,22	Media	25,00	Media	27,16
Desviación estándar	3,66	Desviación estándar	4,79	Desviación estándar	10,06	Desviación estándar	10,67
Mínimo	33,91	Mínimo	35,53	Mínimo	13,52	Mínimo	15,14
Máximo	44,34	Máximo	47,57	Máximo	32,32	Máximo	35,55

La tabla N° 31 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VO2máx según el sexo en el grupo 1 experimental fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo mayor en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 32: Distribución estadística de la VO2máx según sexo en el grupo 2.

Grupo N°2 “Control fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	N/A
Mediana	35,59	Mediana	37,17	Mediana	29,01	Mediana	29,82
Media	35,51	Media	38,75	Media	29,01	Media	30,63
Desviación estándar	3,15	Desviación estándar	4,17	Desviación estándar	8,47	Desviación estándar	8,66
Mínimo	32,32	Mínimo	35,59	Mínimo	20,98	Mínimo	22,60
Máximo	38,63	Máximo	43,48	Máximo	37,03	Máximo	40,27

La tabla N° 32 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VO2máx según el sexo en el grupo 2 experimental no fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo mayor en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 33: Distribución estadística de la VO2máx según sexo en el grupo 3.

Grupo N°3 “Experimental no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	33,95	Moda	38,81
Mediana	43,18	Mediana	46,58	Mediana	33,95	Mediana	37,19
Media	42,57	Media	46,71	Media	30,71	Media	33,95
Desviación estándar	5,92	Desviación estándar	5,79	Desviación estándar	6,48	Desviación estándar	7,71
Mínimo	32,70	Mínimo	35,94	Mínimo	20,98	Mínimo	22,60
Máximo	50,59	Máximo	53,83	Máximo	33,95	Máximo	38,81

La tabla N° 33 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VO2máx según el sexo en el grupo 3 experimental no fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo mayor en sujetos de sexo masculino.

Tabla N° 34: Distribución estadística de la VO2máx según sexo en el grupo 4.

Grupo N°4 “Control no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	33,95	Moda	37,19	Moda	10,5	Moda	N/A
Mediana	34,77	Mediana	38,01	Mediana	10,5	Mediana	29,24
Media	37,61	Media	40,30	Media	10,35	Media	28,27
Desviación estándar	9,49	Desviación estándar	9,65	Desviación estándar	0,69	Desviación estándar	5,42
Mínimo	24,72	Mínimo	26,33	Mínimo	9,5	Mínimo	18,87
Máximo	50,59	Máximo	53,83	Máximo	11,5	Máximo	35,53

La tabla N° 34 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del VO2máx según el sexo en el grupo 4 Control no fumadores, destacándose que en ambos sexos se encontró un aumento en la media de los valores finales, siendo significativamente mayor en sujetos de sexo femenino.

3. Distribución estadística de la variable Percepción al esfuerzo (Escala de Borg).

Es importante mencionar que la valoración del comportamiento de esta variable es inversa a las demás, es decir, la disminución en los valores finales de esta variable es tomada como una variación positiva.

Tabla N°35: Distribución estadística de la Escala de Borg en fumadores-no fumadores de la población investigada.

Fumadores				No Fumadores.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	5	Moda	5	Moda	6	Moda	4
Mediana	6,5	Mediana	5,20	Mediana	5	Mediana	4,5
Media	6,69	Media	6,12	Media	5,07	Media	5,03
Desviación estándar	2,08865986	Desviación estándar	1,54	Desviación estándar	1,32	Desviación estándar	1,68
Mínimo	4	Mínimo	3	Mínimo	3	Mínimo	2
Máximo	10	Máximo	8	Máximo	8	Máximo	9

La tabla N°35 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la escala de Borg en sujetos fumadores y no fumadores de la población estudiada, destacándose una leve disminución de los valores finales de los sujetos fumadores y no fumadores.

Tabla N° 36: Distribución estadística de la Escala de Borg en los sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada.

Hombres				Mujeres			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	4	Moda	6	Moda	5	Moda	4
Mediana	6	Mediana	6	Mediana	5	Mediana	4,5
Media	5,66	Media	5,91	Media	5,72	Media	4,8
Desviación estándar	1,55	Desviación estándar	1,58	Desviación estándar	2,16	Desviación estándar	1,68
Mínimo	3	Mínimo	3	Mínimo	3	Mínimo	2
Máximo	9	Máximo	9	Máximo	10	Máximo	8

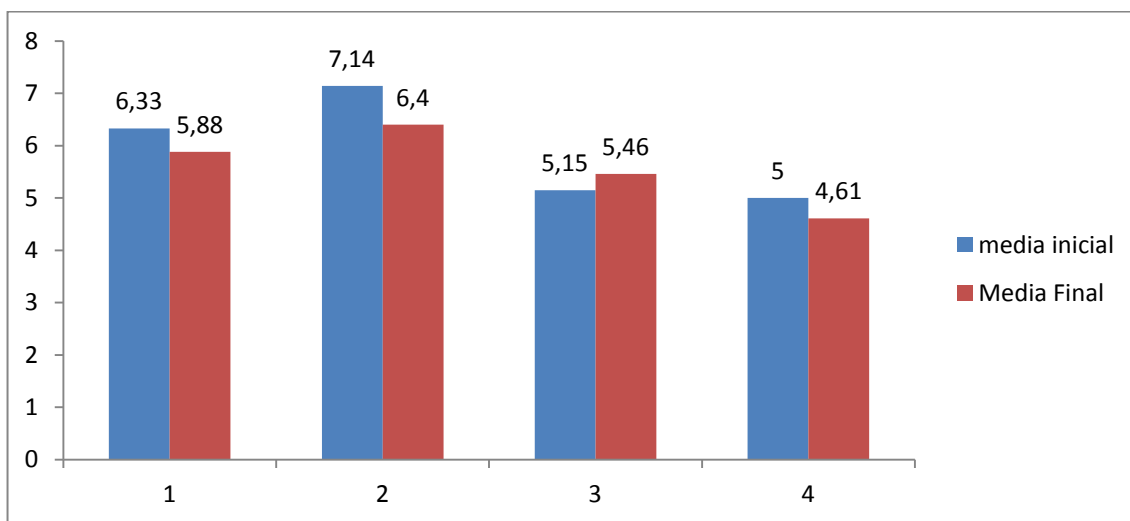
La tabla N° 36 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la Escala de Borg en sujetos de sexo masculino y femenino de la población estudiada. Se destaca una disminución de los valores finales solo de los sujetos de sexo femenino. En cambio los sujetos de sexo masculino muestran un leve aumento de la media de sus valores finales.

Tabla N° 37: Distribución estadística de la escala de Borg por grupos.

Grupo 1 "Experimental fumadores"				Grupo 2 "Control fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	5	Moda	5	Moda	5	Moda	7
Mediana	6	Mediana	5	Mediana	7	Mediana	7
Media	6,33	Media	5,88	Media	7,14	Media	6,4
Desviación estándar	1,73	Desviación estándar	1,76	Desviación estándar	2,54	Desviación estándar	1,27
Mínimo	4	Mínimo	3	Mínimo	4	Mínimo	4
Máximo	9	Máximo	8	Máximo	10	Máximo	8
Grupo 3 "Experimental no fumadores"				Grupo 4 "Control no fumadores"			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	5	Moda	6	Moda	6	Moda	4
Mediana	5	Mediana	6	Mediana	5	Mediana	4
Media	5,15	Media	5,46	Media	5	Media	4,61
Desviación estándar	1,28	Desviación estándar	1,80	Desviación estándar	1,41	Desviación estándar	1,50
Mínimo	3	Mínimo	3	Mínimo	3	Mínimo	2
Máximo	8	Máximo	8	Máximo	7	Máximo	7

En la tabla N°37 se detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales de la Escala de Borg por grupos, se destaca una disminución de la media de los valores finales de todos los grupos, a excepción del grupo 3 experimental no fumadores el cual muestra un leve aumento.

Grafico N°12: Representación grafica comparativa de la Escala de Borg por grupos.



En la tabla anterior se muestran las medias del test de Borg alcanzados por cada grupo, en donde en el eje “X” se encuentran los grupos del 1 al 4, y en el eje “Y” los valores iniciales y finales de cada grupo. Es destacable que el grupo 2 control fumadores presenta la mayor disminución de la media de los valores finales del test de Borg.

Distribución estadística de la Escala de Borg según sexo en cada uno de los grupos.

Tabla N° 38: Distribución estadística de la Escala de Borg según sexo en el grupo 1.

Grupo N°1 “Experimental fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	5	Moda	8	Moda	N/A	Moda	5
Mediana	6	Mediana	7	Mediana	6	Mediana	5
Media	6,33	Media	6,33	Media	6,33	Media	5
Desviación estándar	1,96	Desviación estándar	2,06	Desviación estándar	1,52	Desviación estándar	0
Mínimo	4	Mínimo	3	Mínimo	5	Mínimo	5
Máximo	9	Máximo	8	Máximo	8	Máximo	5

La tabla N° 38 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del de la Escala de Borg según el sexo en el grupo 1 experimental fumadores, mostrando una mantención del valor de la media en los sujetos de sexo masculino, mientras que en los sujetos de sexo femenino una disminución del valor final de la media.

Tabla N° 39: Distribución estadística de la Escala de Borg según sexo en el grupo 2.

Grupo N°2 “Control fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	N/A	Moda	N/A	Moda	10	Moda	7
Mediana	5	Mediana	6	Mediana	9,5	Mediana	7
Media	5,33	Media	5,66	Media	8,5	Media	7
Desviación estándar	1,52	Desviación estándar	1,52	Desviación estándar	2,38	Desviación estándar	0,81
Mínimo	4	Mínimo	4	Mínimo	5	Mínimo	6
Máximo	7	Máximo	7	Máximo	10	Máximo	8

La tabla N° 39 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del de la Escala de Borg según el sexo en el grupo 2 control fumadores, mostrando un aumento del valor de la media en los sujetos de sexo masculino, mientras que en los sujetos de sexo femenino una disminución del valor final de la media.

Tabla N° 40: Distribución estadística de la Escala de Borg según sexo en el grupo 3.

Grupo N°3 “Experimental no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	6	Moda	6	Moda	5	Moda	4
Mediana	6	Mediana	6	Mediana	5	Mediana	3,5
Media	5,4	Media	6,33	Media	4,5	Media	3,5
Desviación estándar	1,33	Desviación estándar	1,41	Desviación estándar	1	Desviación estándar	0,57
Mínimo	4	Mínimo	4	Mínimo	3	Mínimo	3
Máximo	8	Máximo	9	Máximo	5	Máximo	4

La tabla N° 40 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del de la Escala de Borg según el sexo en el grupo 3 experimental no fumadores, mostrando un aumento del valor de la media en los sujetos de sexo masculino, mientras que en los sujetos de sexo femenino una disminución del valor final de la media.

Tabla N° 41: Distribución estadística de la Escala de Borg según sexo en el grupo 4.

Grupo N°4 “Control no fumadores”							
Hombres.				Mujeres.			
Inicial		Final		Inicial		Final	
Moda	6	Moda	4	Moda	4	Moda	4
Mediana	6	Mediana	4,5	Mediana	4	Mediana	4
Media	5,5	Media	5	Media	4,57	Media	4,2
Desviación estándar	1,64	Desviación estándar	1,26	Desviación estándar	1,13	Desviación estándar	1,70
Mínimo	3	Mínimo	4	Mínimo	3	Mínimo	2
Máximo	7	Máximo	7	Máximo	6	Máximo	7

La tabla N° 41 detalla las medidas de tendencia central de las mediciones iniciales y finales del de la Escala de Borg según el sexo en el grupo 4 control no fumadores, destacando una disminución en los sujetos de ambos sexos.

2.3 Variación porcentual de las variables estudiadas post entrenamiento.

Tabla N° 42: Variación porcentual de la Función pulmonar post entrenamiento.

CVF				VEF1			
N° DE GRUPO	% DE CAMBIO POR GRUPO	SEXO	% DE CAMBIO	N° DE GRUPO	% DE CAMBIO POR GRUPO	SEXO	% DE CAMBIO
1	3,11	M	2,72	1	2,60	M	2,72
		F	3,90			F	2,72
2	2,82	M	6,06	2	5,46	M	5,65
		F	0,39			F	5,33
3	1,95	M	3,61	3	1,51	M	2,34
		F	-1,8			F	-0,37
4	2,94	M	1,6	4	3,65	M	1,79
		F	4,59			F	5,24

En la tabla 42 se detalla los porcentajes de variación (o cambio) de la media de la función pulmonar, medido mediante la CVF y el VEF1, por cada grupo de estudio y a la vez subdividido por sexo. En donde: grupo N° 1 es experimental fumadores, grupo N° 2 es control fumadores, grupo N° 3 experimental no fumadores y grupo N° 4 control no fumadores; “M” es sexo masculino y “F” es sexo femenino. El porcentaje de variación está determinado por la diferencia entre la media del valor inicial con el final, asignándole un valor porcentual.

En la tabla de la CVF la variación porcentual que más destaca dentro de los 4 grupos es de 3,11% obtenido por el grupo 1, dentro de este mismo grupo los sujetos de sexo femenino destacan por sobre los sujetos de sexo masculino, obteniendo una variación de 3,90%. Los sujetos de sexo masculino del grupo 2 fueron los que obtuvieron un mayor porcentaje de variación en cuanto al género dentro de los 4 grupos, siendo este de 6,06%.

En la tabla del VEF1 se muestra que el grupo 2 muestra un porcentaje de variación superior dentro de los 4 grupos, siendo este porcentaje de 5,46% dentro de este mismo grupo los sujetos de sexo masculino destacan por sobre los sujetos de sexo femenino, obteniendo una variación de 5,65%, siendo este también dentro de los 4 grupos la mayor variación en cuanto al género.

Tabla N° 43: Variación porcentual de la resistencia al ejercicio (VO2max) y la percepción del esfuerzo (Borg) post entrenamiento.

VO2MAX				BORG			
N° DE GRUPO	% DE CAMBIO POR GRUPO	SEXO	% DE CAMBIO	N° DE GRUPO	% DE CAMBIO POR GRUPO	SEXO	% DE CAMBIO
1	8,36	M	7,95	1	-0,27	M	8,62
		F	9,18			F	-18,05
2	7,33	M	9,20	2	-4,60	M	6,67
		F	5,92			F	-13,06
3	10,07	M	9,97	3	6,86	M	18,8
		F	10,27			F	-20
4	9,57	M	7,43	4	-1,98	M	-1,79
		F	11,40			F	-2,14

En la tabla 43 se detalla los porcentajes de variación (o cambio) de la media de la resistencia al ejercicio y la percepción del esfuerzo, medido mediante la VO2max y Borg respectivamente, por cada grupo de estudio y a la vez subdividido por sexo. En donde: grupo N° 1 es experimental fumadores, grupo N° 2 es control fumadores, grupo N° 3 experimental no fumadores y grupo N° 4 control no fumadores; “M” es sexo masculino y “F” es sexo femenino. El porcentaje de variación está determinado por la diferencia entre la media del valor inicial con el final, asignándole un valor porcentual.

En la tabla del VO2max la variación porcentual que más destaca dentro de los 4 grupos es de 10,07% obtenido por el grupo 3, dentro de este mismo grupo los sujetos de sexo femenino destacan por sobre los sujetos de sexo masculino, obteniendo una variación de 10,27%. Los sujetos de sexo femenino del grupo 4 fueron los que obtuvieron un mayor porcentaje de variación en cuanto al género dentro de los 4 grupos, siendo este de 11,40%.

En la tabla del Borg cabe destacar que se busca la disminución de la variable, lo que indica un resultado favorable ante la percepción del esfuerzo. Dentro de los 4 grupos, el grupo 2 fue el que obtuvo una mayor disminución porcentual siendo este de -4,60% demostrando una mayor mejora ante la percepción al esfuerzo y dentro de este mismo grupo los sujetos de sexo femenino obtuvieron una mayor disminución porcentual, siendo este de -13,06%, y además los sujetos de sexo femenino del grupo 1 dentro de los 4 grupos fueron los que obtuvieron un mayor porcentaje de cambio, siendo este de -18,05%.

CAPITULO VI

1. CONCLUSIONES

1. El EMI mostró ser efectivo a la hora de generar cambios positivos en la resistencia al ejercicio, la función pulmonar y en la percepción del esfuerzo de toda la población investigada. Esto indica que al realizar un EMI, ya sea mediante el protocolo de carga incremental 10 RM o mediante el entrenamiento de baja intensidad no incremental por un periodo de 4 semanas, es posible encontrar beneficios en la resistencia al ejercicio, la función pulmonar y la percepción del esfuerzo, sin importar la presencia o ausencia del habito tabáquico ni el sexo. Esto se explica con lo postulado por Leith y Bradley quienes concluyeron que la mejoría de la resistencia de los músculos esqueléticos está asociada a la mejora de la capacidad oxidativa por medio del aumento de los niveles de enzimas oxidativas, de la reserva lipídica, del glicógeno y del numero de capilares (Leith, DE y Bradley, M, 1976).

La intervención realizada muestra que el EMI facilitaría estas alteraciones celulares en los músculos inspiratorios, al estimular esta musculatura por medio de cargas de trabajo

2. El EMI mostro generar cambios positivos con el uso de los dos protocolos de entrenamientos creados para esta investigación, es decir, tanto el protocolo de carga incremental 10 RM de alta intensidad, aplicado en los grupos experimentales, como el protocolo de carga no incremental de baja intensidad, aplicado en los grupos controles mostraron ser efectivos para mejorar los valores de las variables estudiadas. Este fenómeno abordado en el primer punto, también puede deberse a una posible “filtración” de información entre los grupos experimentales y controles. Al estar estos grupos compuestos por sujetos compañeros de carrera, se presume que los miembros de los grupos control probablemente hayan desarrollaron una mayor sensibilidad frente a la intervención, debido a una motivación psicológica extra que los indujo a no mostrar un desempeño menor.

3. La resistencia al ejercicio tiene una relación directa con el consumo de tabaco, dado que según los datos obtenidos los sujetos no fumadores presentaron mayores cambios positivos en la resistencia al ejercicio que los sujetos fumadores. Esto demuestra que un hábito tabáquico activo afecta de forma negativa a la resistencia del ejercicio en sujetos entre 18 y 25 años de edad y de nacionalidad chilena, lo que concuerda con las conclusiones obtenidas en un estudio de origen brasilero en donde se determina que muchos de los desechos del humo del tabaco que se acumulan en las vías respiratorias, aumentan la resistencia al flujo aéreo y causan una mayor dificultad para respirar, promoviendo la disnea y la fatiga principalmente durante la realización de ejercicios físicos, lo que puede ocasionar una disminución de la tolerancia al esfuerzo (Trislitz, Claudia Maira et al, 2007).
4. En cuanto a la resistencia al ejercicio y a la percepción del esfuerzo se puede concluir que los sujetos de sexo femenino responden de mejor forma al protocolo de carga incremental 10 RM que los sujetos de sexo masculino, esto es debido a que la probabilidad de encontrar sujetos fumadores de sexo femenino dentro de la muestra estudiada es menor a la de encontrar sujetos fumadores de sexo masculino, y como ya se mencionó la resistencia al ejercicio tiene una relación directa con el consumo de tabaco (Trislitz, Claudia Maira et al, 2007). Por lo tanto, es de importancia que en estudios posteriores se procure una igualación de los grupos por género y por hábito tabáquico, con el fin de confirmar que la variable sexo no interfiere en la respuesta al EMI.
5. El protocolo de carga incremental 10 RM mostró ser más efectivo que el entrenamiento de baja intensidad no incremental para generar cambios positivos en la resistencia al ejercicio, ya que los sujetos pertenecientes a los grupos experimentales presentaron mayores cambios positivos de la resistencia al ejercicio. Esto probablemente se debió a que los tiempos de recuperación fueron disminuyendo gradualmente entre las series, lo que pudo producir que la sensibilidad al oxígeno por parte de la musculatura, pueda haber aumentado gracias a la adaptación muscular por una menor exposición de oxígeno durante un esfuerzo de alta intensidad. Este esfuerzo fue generado a las mismas intensidades comprobadas por Enright, Stephanie et al quienes demostraron

que en una población inglesa al realizar un EMI con una carga de trabajo del 80% de su capacidad máxima se genera un aumento de las capacidades pulmonares y de la fuerza de la musculatura inspiratoria, y al 60% se producen aumentos de la capacidad de trabajo inspiratorio (Enright, Stephanie J. Et al 2011).

6. Al relacionar la CVF y el VEF1 podemos deducir que la función pulmonar aumenta en sus niveles mediante el EMI en casi todos los casos, pero no existe una relación directa de estos aumentos con el sexo de los sujetos, ni con la intensidad de entrenamiento, ni con el presencia o ausencia del habito tabáquico. Postulamos que esta dificultad para relacionar las variables se debió a la alta dispersión de los resultados que se obtuvieron debido a la baja cantidad de sujetos estudiados en cada grupo. Sin embargo, el hecho de que casi la totalidad de los sujetos mejoraron sus valores luego del EMI demuestra el beneficio que se obtiene en la función pulmonar al realizar entrenamientos protocolizados en sujetos entre 18 y 26 años, y de nacionalidad chilena.
7. En cuanto a la función pulmonar se puede decir que en sujetos no fumadores, aun cuando se generen pequeños cambios positivos de la función pulmonar, estos logran generar grandes cambios en la resistencia al ejercicio. Esto se explica por el comportamiento de los sujetos fumadores, que aun cuando hayan generado mayores cambios positivos de la función pulmonar, sus cambios en la resistencia al ejercicio, no fueron capaces de superar los generados por los sujetos no fumadores. Probablemente esto puede haber sucedido ya que los sujetos no fumadores no se encuentran expuestos a los efectos nocivos del tabaquismo activo que compromete la resistencia al ejercicio, por ende aún cuando hallan cambios positivos leves en el tamaño pulmonar y los volúmenes aéreos, estos son suficientes para mejorar considerablemente la resistencia al ejercicio en sujetos sin habito tabáquico.
8. Al analizar la variación estadística de la percepción del esfuerzo se puede concluir que en los sujetos no fumadores a mayor resistencia al ejercicio, mayor es la percepción del esfuerzo. Este comportamiento se puede justificar porque el grupo no fumador fue el que arrojó mejores cambios positivos en la resistencia al ejercicio, lo que se puede traducir en una mayor percepción del esfuerzo

9. La percepción del esfuerzo en esta investigación no es un determinante para evaluar la eficacia del protocolo de carga incremental 10 RM en relación a la resistencia al ejercicio. Esto se explica porque el Test de Borg modificado al ser aplicado, presenta un alto nivel de subjetividad dado que es referida por cada uno de los sujetos, ocasionando la dificultad de relacionar de manera certera un aumento, descenso o mantención de la percepción del esfuerzo con una mejora de la resistencia.
10. En cuanto a la percepción del esfuerzo, cuando el EMI genera mayores cambios positivos en la función pulmonar, se genera una mayor disminución en la percepción del esfuerzo en individuos fumadores en comparación con los individuos no fumadores. Este fenómeno se puede atribuir al comportamiento de la variable CVF que determina el tamaño pulmonar del sujeto. Al lograr un mayor tamaño pulmonar el flujo aéreo disponible también aumenta, modificando positivamente el VEF1. Este favorable cambio permite una mayor oferta de oxigenación tanto a nivel central como periférico generando un mejor desempeño a la actividad física y una disminución en la percepción del esfuerzo.
11. En resumen se puede decir que: el EMI, mediante un protocolo de carga incremental de 10 RM, genera cambios positivos en la percepción del esfuerzo, en la función pulmonar y en la resistencia al ejercicio en la población estudiada. Y además, el protocolo de carga incremental de 10 RM genera mayores cambios positivos en sujetos con ausencia del hábito tabáquico.

2. PROPUESTAS

Teniendo en cuenta que esta investigación fue realizada dentro de los márgenes de un proyecto académico es importante mencionar que los recursos disponibles, para la realización de esta investigación no permitieron incluir las siguientes consideraciones las cuales pueden ser de ayuda para futuras investigaciones.

1. Contemplar un entrenamiento de al menos 6 semanas de duración, con el fin de poder esclarecer si un tiempo mayor de entrenamiento genera mayores cambios en las variables estudiadas.
2. Incluir un mayor número de sujetos de estudio con el fin de reducir o eliminar la variabilidad de los resultados para poder determinar conclusiones más certeras.
3. Contemplar que cada grupo sea entrenado de forma independiente o considerar que los sujetos control pertenezcan a otra institución para evitar que los sujetos estudiados filtren información, altere su motivación por el estudio y aumenten su competitividad, alterando su desempeño durante este, y la confiabilidad de sus resultados.
4. Considerar el estudio de la variable fuerza de la musculatura inspiratoria, utilizando por ejemplo el protocolo de Black and Hyatt (Black LF y Hyatt RE. 1969), y así poder determinar la carga de trabajo de manera más objetiva mediante la presión inspiratoria máxima PI_{max} .

BIBLIOGRAFIA

- **Álvarez Gutiérrez**, Francisco Javier et al. *Consenso sobre Espirometría en Andalucía*. España Andalucía.
- **Álvarez Medina**, J.; **Serrano**, E; **Giménez**, L.; **Manonelles P.** y **Corona**, P. (2001) La course navette como parámetro de control de la capacidad aeróbica de recuperación en el fútbol sala. *Revista de entrenamiento Deportivo RED*, nº 4. Pag. 31-35.
- **Araya A**, Virginia et al. (2012). Consumo de tabaco y uso del consejo médico estructurado como estrategia preventiva del tabaquismo en médicos chilenos. *Rev.Med.* Pag. 347-352. Chile.
- **Armour**, J; **Donnelly**, PM; **Bye**, PTP. (1993). The large lungs of elite swimmers: An increased alveolar number? *Eur. Respir. J* 6. Pag. 237–247.
- **Barbero Álvarez**, J.C. y **Barbero Álvarez**, V. (2003). Relationship between the maximal oxygen uptake and repeated sprint ability in futsal players. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Humanidades de Melilla. Universidad de Granada, Colegio La Salle, El Carmen. Melilla
- **Bissett**, Bernie ; **Leditschke**, Anne et al. (2012). Protocol: inspiratory muscle training for promoting recovery and outcomes in ventilated patients (IMPROVe): a randomised controlled trial. *BMJ Open*. Australia.
- **Black LF**, **Hyatt RE**. (1969). Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. Pag: 696-702.
- **Blázquez Sanchez**, Domingo. *La iniciación deportiva y el deporte escolar*. 4ª Edición . Editorial INDE. Pág. 184. España.
- **Bosnak-Guclu**, Meral; **Arikan**, Hulya; **Selma**. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. *Respiratory Medicine* 105, 1671e1681. Turkey 2010.
- **Cimas Hernando**, Juan Enrique et al. *Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria*. IDEAP, España.
- **Coast**, JR; **Clifford**, PS; **Henrich**, TW; **Stray-Gundersen J**; **Johnson**, RL.(1990) Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22. Pág. 811–815.
- **Collishaw**, NE (1996). Strengthening tobacco control in central and Eastern. *Spring* 5. Pág. 79-80. World Health Organisation, Geneva, Switzerland.
- **Cordain**, L; **Tucker**, A; **Moon**, D; **Stager**, JM. (1990). Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Res. Q. Exerc. Sport.* 61. Pág. 70–74.
- **Cristancho Gómez**, William. *Fisiología respiratoria: Lo esencial en la practica clínica*. 2ª Edición. Cap. 1: Mecánica de la ventilación. Colombia, 2008.
- **Cruz Mena**, Eduardo; **Moreno Bolton**, R et al. *Aparato Respiratorio, Fisiología y clínica*. 5ta edición. Cap. 1-2: Morfología Básica y Mecánica ventilatoria. Chile.
- **Da Silva Duarte**, M.F. y **Duarte C.R.**(2001) Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20 metros. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Pag 07-14.

- **De Grazia**, José et al. (2009). Prevalencia de tabaquismo y actitud de cambio frente al hábito tabáquico en universitarios chilenos: Importancia de la formación médica. *Rev.Chile Salud Pública*, Volumen 13. Pág. 72-81
- **Eastwood**, Peter ; **Hillman**, David R. AND **Finucane**, Kevin E. (2001) Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology* 6. Pag 95-104. Department of Pulmonary Physiology, Sir Charles Gairdner Hospital, Nedlands, Western Australia, Australia
- **Edwards**, A. M; **Maguire**, G. P. Et al. (2012). FourWeeks of InspiratoryMuscle Training Improves Self-PacedWalking Performance in Overweight and Obese Adults: A Randomised Controlled Trial. *Journal of Obesity*. Volume 2012, Article ID 918202. James Cook University, Cairns, Sydney, Australia.
- **Edwards**, A. M; **Maguire**, G.P.; **Graham** et al. Four Weeks of Inspiratory Muscle Training Improves Self-Paced Walking Performance in Overweight and Obese Adults: A Randomised Controlled Trial. *Journal of Obesity Volume*, Article ID 918202, 6 pages doi:10.1155/2012/918202. Australia 2012.
- **Enright**, Stephanie J. and **Unnithan**, Viswanath B. (2011). Effect of Inspiratory Muscle Training Intensities on Pulmonary Function and Work Capacity in People Who Are Healthy: A Randomized Controlled Trial. *PHYS THER* 91. Pag. 894-905. Cardiff University, United Kingdom.
- **Fitzsimmons**, M.; **Dawson**, B.; **Ward**, D. y **Wilkinson**, A.(1993.) Cycling and running Tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 25. Pag 82-87.
- **Gerrard**,J ; **Cockcroft**, D; **Mink**, K; **Cotton**, C; **Poonawala**, R ; **Dossman**, J.(1980). Increased nonspecific bronchial reactivity in cigarette smokers with normal lung function. *Respiratory Disease*.
- **GOLD** (2006) Estrategia global para el diagnóstico, tratamiento y prevención de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. *Medical Communications Resources*, Inc.
- **Gosselink**, R.; **Decramer**, M. (1994). Inspiratory Muscle Training: Where are we?. *Euro Respir Journal*. Pag. 2103-2105. Hospitals, Katholieke Universiteit Leuven. Belgica.
- **Gutiérrez**, Monica et al. Espirometría: Manual de Procedimientos. *Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias* 23. Pág. 31-42, Chile 2006.
- **Gutiérrez**, Monica; **Del Fierro**, Ana Maria et al. Evaluación de diferentes valores de referencia espirométricos para el diagnóstico de alteración restrictiva en población chilena. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias* 22. Pág. 86-92. Hospital Naval Viña del Mar, Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso, Chile 2006.
- **Harms**, C.A; **Wetter**, T. J; **St. Crois**, C.M; **Pegelow**, D. F. and **Dempsey**, J. A. (2000) Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J. Appl. Physiol.* 89, Pag. 131-138.
- **Johnson**, P. H. et al. (1996). Evaluation of the THRESHOLD α trainer for inspiratory muscle endurance training: comparison with the weighted plunger method. *Euro Respir Journal*. Pag. 2681-2684. University Hospital, Nottingham, UK.
- **Kisner**, Carolyn; **Colby A.**, Lynn. *Ejercicio terapéutico fundamentos y técnicas*. editorial Paodotribo. Pág. 538. Barcelona, España.
- **Kovács**, Géza; **Pásztor**, Zsuzsa. *Ejercicios preparatorios para instrumentistas (método Kovács)* 1^o edición. pág 194. Editorial GRAÓ, de IRIF.SI. Barcelona 2010.

- **Leger**, L.A. y **Gadoury**, C.(1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO2 max in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*. Pag 21-26.
- **Leith**, DE; **Bradley**, ME. Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal Appl Physiol* 1976. Pag 508–516.
- **Marques** Silveira, Janne et al. Inspiratory muscle training in quadriplegic patients.J. *J. bras. pneumol.* vol.36 no.3 São Paulo, Brasil May/June 2010.
- **Medina Jimenez**, Eduardo. *Actividad Física y Salud Integral*. 1º Edición. Pág 94. Editorial Paidotrivo. Barcelona 2003.
- **Meri Vived**, Alex. *Fundamentos de fisiología de la actividad física y el deporte*. Editorial panamericana. Pág. 19. Madrid, España, 2005.
- Ministerio de salud, Gobierno de Chile (2011). *Encuesta nacional de salud 2009-2010*. Departamento de Epidemiología.
- **Moodie**, Lisa H; **Reeve**, Julie C; **Vermeulen**, Niki and **Elkins**, Mark R. (2011). *VBMC Research Notes*. Pag 283. Royal Prince Alfred Hospital. Sydney, Australia.
- **Murray**, CJL; **Lopez**, A (1997). Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of. Disease Study. *Lancet*. Pág. 1269-1276
- **Nickerson**, BC; **Keens**, TG. (1982). Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *Journal Appl Physiology*. Pag. 768–772.
- **Pérez Padilla**, Rogelio et al. *Manual de entrenamiento en espirometría*. Asociación Latinoamericana del Tórax, México 2005.
- **Pérez Padilla**, Rogelio et al. 2005 *Manual de entrenamiento en espirometría*. Pág. 43. Departamento de Fisiopatología de la Asociación Latinoamericana del Tórax, México. 2005
- **Prentice**, William E. *Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva*. 3ª edición . Pág 32,33, 71-75. Barcelona, España.
- **Rojas**, G; **Gaete** ; **González** I; **Ortega** M; **Figuerola** A; **Fritsch** R, et al. Tabaquismo y salud mental. *Rev Med Chile* 2003. Pág. 873-880.
- **Romer**, LM ; **McConnell** y **Jones**, AK. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 2002, 20, 547-562. UK 2002.
- **Sáez Roca**, Germán. *Manual de diagnóstico y terapéutica en neumología*. 1º Edición. Cap. 23: Valoración del paciente con disnea. Escalas de medición. Servicio de Neumología. Hospital Universitario Virgen de las Nieves. Granada, España.
- **Sale**, D. G., (1988) Neural adaptation to resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc*. Pag. 135- 145.
- **Seróna**, P.; **Riedemannb**, P.; **Muñoz**, S.; **Doussoulinb**, A.; **Villaruel** A. y **Ceab**, X. Efecto del entrenamiento muscular inspiratorio sobre la fuerza muscular y la calidad de vida en pacientes con limitación crónica del flujo aéreo. *Arch Bronconeumol*. 2005;41:601-6. Temuco, Chile 2005.
- **Silbernalg**, Stefan. *Atlas de bolsillo de fisiología*.5º Edición pág 42-69. Madrid, España.
- **Solano Reina**, Segismundo; **de Granda Orive**, José Ignacio (2009). *Manual de prevención y tratamiento del tabaquismo 4º edición..* Pag. 23. Editorial . E.U.R.O.M.E.D.I.C.E., Ediciones Médicas, S.L Badalona.
- **St Croix**, C.M; **Morgan**, B.J; **Wetter**, T. J. and **Dempsey**, J.A. (2000). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *J. Physiol*. 529, Pag. 493-504.

- **Torres, Antonio; Ortiz, Inmaculada y Rodríguez- Roising, Robert.** *Cuidados intensivos respiratorios para enfermería.* Pág. 79. Editorial Springer- Verlag ibérica, Barcelona, 1997.
- **Trisltz, Claudia Maira; Ruas, Gualberto; Kawakami, Luciana et al. (2007).** Avaliacao da tolerancia ao esforco em individuos fumantes. *Fisioterapia em movimento.* Volumen 20, Nº 4. Pag 55-61. Curitiba, Brazil.
- **Vázquez García, Juan Carlos; Pérez-Padilla, Rogelio.** *Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el médico.* Asociación latinoamericana del tórax. México, 2007.
- **Vilmore H, Jack; Costill L, David.** *Fisiología del esfuerzo y del deporte.* 6ª edición. Pág. 95. Barcelona, España.
- **Wells, Greg.** The importance of respiratory muscle training for inspiratory and expiratory muscles. *Powerlung.* Hospital for Sick Kids, Toronto Canada.
- **West, John B.** *Fisiología respiratoria.* 7ª edición. Pág 1. Editorial medica Panamericana.
- **West, John.** *Fisiologia respiratoria.* 7ª Edición. Cap. 7: Mecánica ventilatoria-Como esta sostenido y como se mueve el pulmón. Universidad de California, San Diego, EEUU.
- **Wolfgang Koessler, MD. et al. (2001).** 2 Years' Experience With Inspiratory Muscle Training in Patients With Neuromuscular Disorders. *Chest Magazine.* Pag 765-769. Department of Neuropsychiatry for Children, Danube Hospital. Vienna, Austria.
- **Zanoni, Camila T; Mendes, Camila C; Mariano, Daniele et al. (2012).** Efeitos do treinamento muscular inspiratório em universitários tabagistas e não tabagistas. *Fisioter Pesq* 19. Pag. 147-152. Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio. Brasil.

ANEXO 1

Tabla de datos brutos de la primera y segunda medición de la población estudiada.

N. SUJETO	SEXO	GRUPO	PESO	TALLA	EDAD	H. TABAQUICO	TEST BORG M. inicial	TEST BORG M. final	CVF (lts) M. inicial	CVF (lts) M. final	VEF1 (lts/s) M. inicial	VEF1 (lts/s) M. final	VO2max. Vol M. inicial	VO2max. Vol M. final
1	1	3	67	168	19	NO	4	6	5,02	5,51	4,32	4,9	43,1898	44,8088
2	2	2	57	162	19	SI	9	7	4,23	4,26	3,13	3,52	37,0334	40,2714
3	1	4	60	170	18	NO	6	7	4,89	4,83	4,02	4,06	50,5974	53,8354
4	2	1	62	156	20	SI	8	5	3,58	3,65	3,16	3,22	29,165	30,784
5	1	3	70	178	24	NO	5	7	6,15	6,07	5,27	5,47	46,5524	49,7904
6	2	1	74	162	25	SI	5	5	4,19	4,68	3,6	4,07	13,527	15,146
7	1	4	64	164	18	NO	7	4	4,04	4,2	3,59	3,73	35,5904	38,8284
8	2	1	60	152	20	SI	6	5	4,13	4,05	3,58	3,51	32,32	35,558
9	1	2	71	171	20	SI	5	6	5,55	5,87	4,74	5,01	32,32	37,177
10	1	3	70	175	19	NO	4	5	5,73	6,37	4,6	4,98	40,1116	46,5876
11	2	4	65	164	20	NO	4	4	3,93	4,32	3,07	3,91	22,855	24,474
12	1	4	71	169	19	NO	4	5	5,41	5,39	4,94	4,88	33,9552	37,1932
13	1	3	58	169	20	NO	6	6	5,29	5,44	4,38	4,42	38,63	43,487
14	2	4	50	150	20	NO	6	4	2,75	3,24	2,09	2,47	22,855	27,712
15	1	1	80	171	21	SI	4	8	5,34	5,52	3,96	4	33,9166	35,5356
16	1	4	71	171	21	NO	3	4	6,24	6,7	5,26	5,55	46,8438	48,4628
17	1	3	68	166	24	NO	4	4	4,95	5,29	3,94	4,07	32,7036	35,9416
18	2	2	65	163	21	SI	10	7	3,93	3,78	3,07	3,22	20,9894	22,6084
19	1	1	70	180	22	SI	5	5	5,91	6,41	5,32	5,71	42,284	47,141
20	1	4	67	165	19	NO	6	6	4,91	4,87	4,38	4,36	33,9552	37,1932
21	1	3	72	182	18	NO	6	7	6,22	6,27	5,3	5,34	50,5974	53,8354
22	1	3	70	170	19	NO	8	7	6,23	6,37	4,68	5,08	49,3462	52,5842
23	1	2	100	182	18	SI	7	7	5,06	5,51	4,45	4,76	35,5904	35,5904
24	2	2	60	165	18	SI	10	8	4,08	4,08	3,34	3,4	35,5904	35,5904
25	1	1	67	176	22	SI	9	8	5,65	5,73	4,94	5,14	38,9754	42,2134
26	1	1	72	171	23	SI	8	8	4,83	4,9	4,36	4,25	44,3414	47,5794

27	2	4	53	160	20	NO	4	7	3,46	3,55	3,13	3,24	26,01	29,248
28	2	4	60	160	23	NO	3	4	3,66	3,62	3,44	3,53	17,2582	18,8772
29	1	2	71	177	20	SI	4	4	5,41	5,6	4,68	4,88	38,63	43,487
30	2	4	58	161	19	NO	4	2	3,54	3,48	3,08	3,22	24,7206	29,5776
31	1	3	69	170	20	NO	6	6	5,23	5,48	4,58	4,53	44,94	51,416
32	2	4	73	173	21	NO	6	6	4,2	4,38	4,56	3,64	33,9166	35,5356
33	1	3	72	167	21	NO	6	9	4,92	4,69	4,93	4,1	37,1484	42,0054
34	2	3	68	174	21	NO	5	4	5,17	4,65	4,3	4,02	20,9894	22,6084
35	1	4	62	173	19	NO	7	4	4,43	4,46	3,96	4,04	24,7206	26,3396
36	1	1	70	169	20	SI	5	6	5,39	5,58	4,61	4,6	41,785	46,642
37	2	3	54	167	19	NO	3	3	4,05	4,01	3,83	3,93	33,9552	35,5742
38	2	3	53	161	19	NO	5	3	4,53	4,68	3,96	4,02	33,9552	38,8122
39	1	1	70	178	20	SI	7	3	6,23	6,11	5,5	5,54	38,63	40,249
40	2	2	53	164	22	SI	5	6	4,08	4,27	3,68	3,76	22,4324	24,0514
41	2	4	56	155	19	NO	5	3	3,89	3,9	3,29	3,31	30,877	32,496
42	2	3	55	165	19	NO	5	4	3,7	3,72	3,37	3,4	33,9552	38,8122

Sexo:

1 : Masculino

2: Femenino

Grupos:

1 : Experimental Fumador

2: Control Fumador

3: Experimental No fumador

4: Control No fumador

ANEXO 2. Datos obtenidos de la población en la medición inicial y final del Test de Navette, antes de ser convertidos en VO2max.

N. Sujetos.	Test Navette (minutos) M. inicial	Test Navette (minutos) M. final
1	8	9,31
2	6,54	8
3	10,03	12,5
4	4,33	5,55
5	11,08	13,24
6	2,15	3,31
7	5	7
8	5,1	7
9	5,39	8,45
10	7,45	11
11	2,14	3,15
12	5,27	7,35
13	7,54	10,1
14	2,58	5,36
15	6,59	7,05
16	10,06	11,5
17	7,2	9,19
18	2,31	3,53
19	9,26	12,16
20	5,5	7,15
21	10,34	12,1
22	10,21	12,51
23	5,22	5,55
24	5,22	5,44
25	8,36	10,55
26	10,42	12,39
27	3,3	5,11
28	2,41	3
29	7,42	10,03
30	2,33	5,31
31	9,48	13,41
32	6,2	7,12
33	7,42	10,17
34	2,39	3,19
35	2,46	3,19
36	8,36	11
37	5,4	6,31
38	5,28	8,08
39	7,06	8
40	3,08	4
41	4,32	5,59

42	5,4	8,17
----	-----	------

ANEXO 3. Escala de Borg modificada, según la Medical Research Council; New York Heart Association.

ESCALA DE BORG (modificada)

0: Nada de nada

0,5: Muy, muy ligera
(apenas apreciable)

1: Muy ligera

2: Ligera

3: Moderada

4: Algo intensa

5: Intensa

6: Entre 5 y 7

7: Muy intensa

8: Entre 7 y 9

9: Muy, muy intensa
(casi máxima)

10: Máxima

ANEXO 4. Cargas de trabajo de cada sujetos, ajustado semanalmente con las cargas del dispositivo POWERbreathe, el numero en paréntesis es la carga de los 10 RM a los que se les sacó el 60 y 80%.

N	GRUPO DE ESTUDIO	CARGA, 60/80% Primera semana	CARGA 60/80% Segunda semana	CARGA 60/80% Tercera semana	CARGA 60/80% Cuarta semana
1	3	(5) 3 Y 4	(5) 3 Y 4	(7) 4 Y 6	(9) 5 y 7
2	2	1	2	3	4
3	4	1	2	3	4
4	1	(5) 3 Y 4	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
5	3	(6) 4 Y 5	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
6	1	(4) 2 Y 3	(4) 2 Y 3	(5) 3 Y 4	(6) 4 Y 5
7	4	1	2	3	4
8	1	(5) 3 Y 4	(7) 4 Y 6	(7) 4 Y 6	(9) 5 Y 7
9	2	1	2	3	4
10	3	(6) 4 Y 5	(7) 4 Y 6	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
11	4	1	2	3	4
12	4	1	2	3	4
13	3	(6) 4 Y 5	(8) 5 Y 6	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
14	4	1	2	3	4
15	1	(5) 3 Y 4	(8) 5 Y 6	(8) 5 Y 6	(9) 5 Y 7
16	4	1	2	3	4
17	3	(6) 4 Y 5	(6) 4 Y 5	(7) 4 Y 6	(8) 5 Y 6
18	2	1	2	3	4
19	1	(6) 4 Y 5	(6) 4 Y 5	(9) 5 Y 7	(8) 5 Y 6
20	4	1	2	3	4
21	3	(7) 4 Y 6	(8) 5 Y 6	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
22	3	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
23	2	1	2	3	4
24	2	1	2	3	4
25	1	(6) 4 Y 5	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
26	1	(6) 4 Y 5	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
27	4	1	2	3	4
28	4	1	2	3	4
29	2	1	2	3	4
30	4	1	2	3	4
31	3	(6) 4 Y 5	(6) 4 Y 5	(8) 5 Y 6	(8) 5 Y 6
32	4	1	2	3	4
33	3	(6) 4 Y 5	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
34	3	(5) 3 Y 4	(7) 4 Y 6	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
35	4	1	2	3	4
36	1	(7) 4 Y 6	(8) 5 Y 6	(8) 5 Y 6	(8) 5 Y 6
37	3	(5) 3 Y 4	(6) 4 Y 5	(8) 5 Y 6	(9) 5 Y 7
38	3	(6) 4 Y 5	(7) 4 Y 6	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7
39	1	(6) 4 Y 5	(8) 5 Y 6	(8) 5 Y 6	(9) 5 Y 7
40	2	1	2	3	4
41	4	1	2	3	4
42	3	(5) 3 Y 4	(8) 5 Y 6	(9) 5 Y 7	(9) 5 Y 7

ANEXO 5. Carta enviada a la universidad UCSH, solicitando permiso para realizar la investigación con sus alumnos y en sus independencias.



Santiago, Septiembre ____ del 2012

Señores Universidad Católica Cardenal Raúl Silva Henríquez

Estimados Señores:

Junto con saludarlos, quisiéramos exponerles que en el marco del proceso de obtención de la Licenciatura en Kinesiología de la Universidad UCINF, los alumnos deben desarrollar, durante parte del primer y segundo semestre del presente año, una investigación de carácter científico que cubra las diferentes etapas de un diseño de investigación y su ejecución.

En relación a lo anterior, quisiéramos consultar a ustedes sobre la posibilidad que un grupo de nuestros alumnos pudiera efectuar este trabajo con el apoyo de vuestra institución. La colaboración que solicitamos específicamente podría consistir en contar con alguna base de datos, o seleccionar algunos casos o grupos que puedan constituir la población en estudio. Por último también, si fuera necesario, que los alumnos pudiesen realizar en el lugar de su institución las mediciones que fuesen necesarias.

Esperando contar con su comprensión y apoyo en esta labor académica, me despido muy atentamente,

Directora de Carrera María Paulina Aldunate R.

Rut: 8.311.160-7

UCINF.

ALUMNOS(AS):	RUT
Alison Aldana Araneda.	Rut 16.878.952-1
Daniel Briones Donoso.	Rut: 16.069.941-8
Joel Sánchez Vargas.	Rut: 16.746.572-2

