

UNIVERSIDAD DE GRANADA



*Estudio de la Relación entre Pruebas Funcionales Respiratorias y
Movilidad Toraco-Abdominal*

Memoria presentada para aspirar al grado de Doctor por
D. Gerald Valenza Demet

Dirigida por los profesores

Dr. D. Miguel Botella López
Dra. Dña. Carmen Moreno Lorenzo
Dra. Dña. Carmen Villaverde Gutiérrez

2009

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Gerald Valenza Demet
D.L.: GR 2315-2009
ISBN: 978-84-692-3123-4

UNIVERSIDAD DE GRANADA



D. Miguel Botella López, Dr. en Medicina y Cirugía y Profesor Titular de Antropología Física de la Facultad de Medicina. Universidad de Granada.

Dña. Carmen Moreno Lorenzo, Dra. en Medicina y Cirugía y Profesora Titular de Fisioterapia de la E.U. de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada.

Dña. Carmen Villaverde Gutiérrez, Dra. en Medicina y Cirugía y Profesora Titular de Fisiología, de la E.U. de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada.

CERTIFICAN:

Que la memoria de tesis doctoral que presenta D. Gerald Valenza Demet “*Estudio de la Relación entre Pruebas Funcionales Respiratorias y Movilidad Toraco-Abdominal.*” ha sido realizada bajo su dirección, reuniendo las condiciones necesarias para su presentación y posterior defensa en sesión pública ante el tribunal que la Comisión de Doctorado de la Universidad de Granada designe a tal efecto.

Para que así conste y en cumplimiento de la normativa vigente, firmamos el presente certificado en Granada a 1 de Abril de 2009.

Fdo.: Dr. M. Botella

Fdo.: Dra. C. Moreno

Fdo.: Dra. C. Villaverde

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa haber conseguido un deseo anhelado desde mi puesto de profesor Titular de Escuela Universitaria, ser igual en cuanto a titulación a todo los demás compañeros Profesores de Universidad. Esta ilusión ha sido el motor de grandes esfuerzos, momentos de desesperanza, pero siempre de fuerza para conseguir esta meta. También ha sido posible gracias a compañeros, profesores y amigos de esta Universidad, y a su actual Rector, el Profesor Doctor D. Francisco González Lodeiro.

Quiero en primer lugar agradecer al director de este trabajo, el Dr. D. Miguel Botella López, el haberme facilitado realizar el Master en Antropología Física y Forense, así como, dirigir esta tesis, con sus sabios consejos y sobre todo con su cariño. Sin él hubiera sido imposible realizar este trabajo. Muchas gracias Miguel.

A Dña. Carmen Moreno Lorenzo, codirectora de esta tesis, por su ayuda durante toda la elaboración de este trabajo. Siempre ha estado ahí, orientándome con sus sabias sugerencias.

A la profesora Dña. Carmen Villaverde Gutiérrez, por la ayuda prestada desde mi comienzo en este centro, y por la ayuda recibida para la realización de esta tesis. Sus consejos y su ayuda en la interpretación de los resultados han sido decisivos para poder terminar este trabajo.

Al Profesor D. Juan de Dios Luna del Castillo, por su inestimable colaboración en la realización de la parte estadística de esta Tesis.

A la Profesora Maria Isabel Peralta Ramírez. Gracias por tu apoyo y tus consejos.

A mis compañeros y amigos del Departamento de Fisioterapia: Francisco García Marcos, Pilar Jiménez Martínez, Bernabé Esteban Moreno, Maria Jesús Fernández Fernández, Antonio Manuel Fernández Pérez, Mari Carmen García Ríos, Manuel Arroyo Morales y Eduardo Castro Martín. Gracias por vuestro apoyo.

A todos los demás miembros del Departamento de Fisioterapia que de una forma u otra me han prestado su ayuda.

A los alumnos de 2º y 3º de Fisioterapia que se han prestado a colaborar en este trabajo.

A mi madre y mi padre, por los sacrificios realizados para darme la mejor educación, por haberme enseñado a ser constante y seguir luchando. A mi hermano Philipe al cual profeso un profundo cariño.

A mis hijos, Carmen, Bruno y Geraldine por el amor que me demuestran, he trabajado siempre pensando en darles todo lo mejor, a mi yerno Germán y mis nietos Germán y Bruno que me han dado una segunda juventud

A mi esposa Carmen, por haberme aguantado durante tantos años sin quejarse y alentándome siempre en busca de más conocimientos, ha sabido entender mis esfuerzos para conseguir esta meta, ha sido mi compañera de viaje en esta vida, una maravillosa madre, va todo mi amor a ella.

INDICE

INDICE

I-Introducción

I.1.- Exploración funcional respiratoria	1
I.1.1- Definición	1
I.1.2- Mediciones y valores	1
I-2-La espirometría	5
I.2.1-Introducción	5
I.2.2.-Aspectos a tener en cuenta	7
I.2.3-Criterios de aceptabilidad	11
I.2.4-Criterios de reproducibilidad	12
I.2.5-Problemas más frecuentes	13
I.2.6-Despistaje de patologías obstructivas o screening	14
I.3-Mecánica ventilatoria	15
I.3.1-Anatomía y biomecánica de la caja torácica	15
I.3.2-Vértebras	16
I.3.3- Líneas anatómicas	17
I.3.4-Biomecánica de la caja torácica	17
I.3.5-Exploración de la caja torácica	20
I.3.6-Anatomía y fisiología de la pleura	21
I.3.7-Los músculos respiratorios	25
I.3.8-Función de los músculos respiratorios	31
I.3.9-Fisiología respiratoria	43

II- Justificación y objetivos

II.1-Justificación	48
II.2-Objetivos	49

III- Metodología

III.1-Material	51
III.2-Diseño del estudio	52
III.3-Población del estudio	52
III.4-Recogida de información	53
III.5-Procedimiento	54
III.6-VARIABLES en estudio	57
III.7-Análisis estadístico	58

IV-Resultados

IV.1-Introducción	61
IV.2-Análisis descriptivo	61
IV.2.1-Distribución de la variable sexo de la población	61
IV.2.2-Distribución de la variable edad de la población	62
IV.2.3-Medidas antropométricas de la muestra	62
IV.2.4-Medidas de movilidad torácica y abdominal de la muestra	63
IV.2.5- Medidas de las capacidad funcional: N° de ciclos respiratorios por minuto	63
IV.2.6- Medida de las capacidades funcionales: Espirometría	64
IV.2.7-Porcentaje de diferentes parámetros espirométricos en relación a valores normales	64
IV.3-Comparación por género de las variables en estudio (t-student para muestras independientes)	65
IV.3.1- Comparación de la edad y datos antropométricos entre hombres y mujeres de la muestra.....	65
IV.3.2- Comparación de las medidas de movilidad toráco-abdominal y n° de ciclos respiratorios por minuto, entre hombres y mujeres de la muestra	66
IV.3.3- Comparación de las medidas de capacidad funcional (parámetros espirométricos) entre hombres y mujeres de la muestra	67
IV.4-Análisis bivariante	68
IV.4.1-Relación entre los valores antropométricos y los ciclos respiratorios	68
IV.4.2-Relación de los valores antropométricos y la movilidad toraco-abdominal	68

IV.4.3-Relación de los valores antropométricos y espirométricos	69
IV.4.4-Relación de las medidas de movilidad toraco-abdominal con los valores espirometricos ...	69
IV.4-Análisis multivariante	70
IV.4.1- Modelo 1	71
Variable dependiente: N° de ciclos inspiratorios	
IV.4.2- Modelo 1	72
Variable dependiente: N° de ciclos espiratorio	
IV.4.3-Modelo 1	73
Variable dependiente: Capacidad vital del sujeto	
IV.4.4-Modelo 1	74
Variable dependiente: Volumen espiratorio máximo en un segundo	
IV.4.5-Modelo 1	75
Variable dependiente: Capacidad vital / volumen espiratorio máximo en un segundo	
IV.4.6-Modelo 1	76
Variable dependiente: Afectación de vías finas	
IV.4.7-Modelo 1	77
Variable dependiente: Volumen de estudio de la fuerza	
IV.4.8-Modelo 1-2 -3.....	78
Variable dependiente: Capacidad vital del sujeto	
IV.4.9-Modelo 1-2-3-4	79
Variable dependiente: Volumen espiratorio máximo en un segundo	
IV.4.10-Modelo 1-2	80
Variable dependiente: Afectación de vías finas	
IV.4.11-Modelo 1-2-3	81
Variable dependiente: Volumen de estudio de la fuerza	

V-Discusión

V.I- Discusión de la metodología empleada	83
V.I.1-A propósito de los sujetos	83
V.I.2-A propósito del método	85
V.II Discusión de los resultados obtenidos	86
V.II.1-Características descriptivas de los sujetos	86
V.II.2-Comparación de la función respiratoria entre los sujetos de la muestra	87
V.II.3-Análisis de la asociación entre las variables en estudio	92
VI-Conclusiones	98
VII-Perspectivas futuras de investigación: Programas de entrenamiento muscular	
VII.1-Introducción	100
VII.2-El entrenamiento muscular respiratorio	100
VII.3-El entrenamiento inspiratorio	101
VII.3.1-Objetivos	101
VII.3.2-Modalidades de entrenamiento inspiratorio	102
VII.3.3-Indicaciones y contraindicaciones del entrenamiento inspiratorio	103
VII.3.4-Resultados del entrenamiento muscular inspiratorio	104
VII.4-Programa tipo de reeducación respiratoria	106
VIII-Bibliografía	108
Anexos	120
Tablas	121
Figuras	125
Abreviaturas	130

I. INTRODUCCIÓN

I.-Introducción

I.1. Exploración funcional respiratoria

I.1.1 Definición

La exploración funcional respiratoria abarca una amplia gama de pruebas que valoran la función respiratoria y que van desde pruebas muy sencillas que miden los flujos respiratorios en una única espiración (espirometría forzada), a pruebas muy sofisticadas que se utilizan para evaluar la mecánica ventilatoria y el intercambio gaseoso.

Estas pruebas están indicadas para:

- la valoración inicial de los pacientes con disnea
- la valoración inicial de los pacientes con cualquier enfermedad respiratoria
- el seguimiento de los pacientes con procesos respiratorios crónicos
- la valoración preoperatoria de enfermos con riesgo de complicaciones respiratorias
- el despistaje de afectación respiratoria en sujetos asintomáticos

Dada la amplitud, así como la complejidad de estas pruebas, en otro apartado de este trabajo se tratará en profundidad la espirometría como la prueba de elección en la mayoría de los estudios consultados.

I.1.2 Mediciones y valores

En la espirometría se puede obtener información de:

- **VOLUMEN CORRIENTE O TIDAL** (VC o VT): El volumen que se puede movilizar en cada respiración normal, suele ser de unos 500 cc.
- **VOLUMEN DE RESERVA INSPIRATORIO** (VRI): El aire que se moviliza con la inspiración profunda.
- **VOLUMEN DE RESERVA ESPIRATORIO** (VRE): El aire que se moviliza con la espiración profunda.
- **CAPACIDAD VITAL** (CV o VC): La suma de estos tres volúmenes VT+VRE+VRI, que es la cantidad de aire que puede movilizar una persona. Depende de la edad, talla y sexo.
- **VOLUMEN RESIDUAL** (VR): Existe una cantidad de aire en el pulmón y vías aéreas no movilizable.

- **CAPACIDAD PULMONAR TOTAL (CPT o TLC):** La suma de la capacidad vital y volumen residual es la cantidad total de aire que pueden contener los pulmones (Agusti-Vidal A 1986) (fig. 1.1)

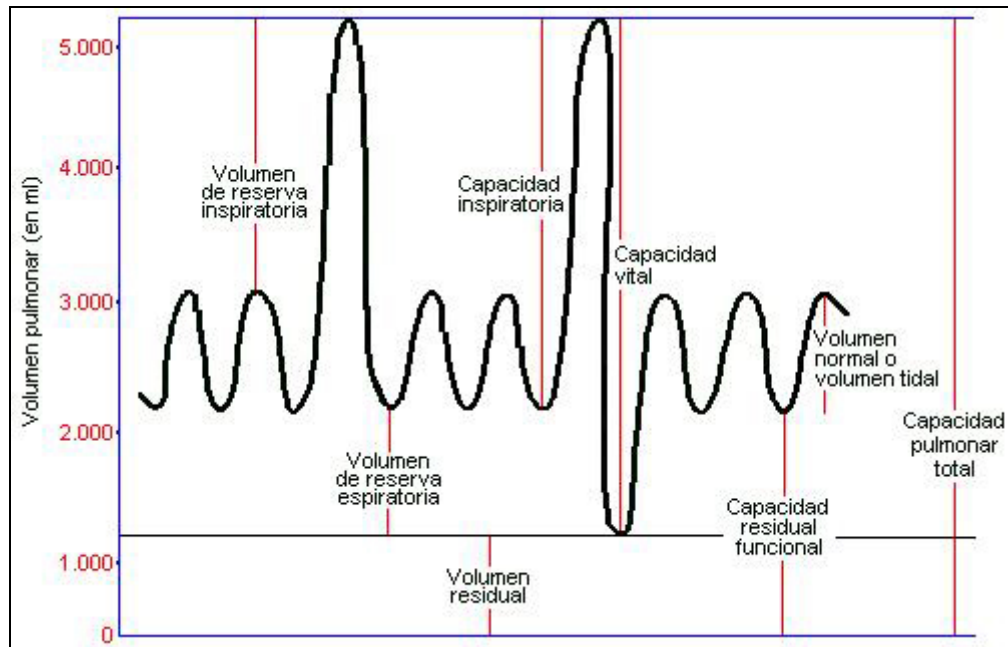


Figura 1.1: Volúmenes pulmonares Fuente: J.Villamor Leon. Neumología1997

A partir del registro espirométrico se obtendrán:

- **CAPACIDAD VITAL FORZADA (FVC o CVF):** Es el máximo volumen de aire espirado, con el máximo esfuerzo posible, partiendo de una inspiración máxima. Se expresa como volumen (en mL) y se considera normal cuando es mayor del 80% de su valor teórico. No debe confundirse con la capacidad vital “lenta” (VC o SVC), dado que ésta se obtiene con una respiración “lenta” o “relajada”, no forzada.
- **VOLUMEN ESPIRADO MÁXIMO EN EL PRIMER SEGUNDO DE LA ESPIRACIÓN FORZADA (FEV₁ o VEMS):** Es el volumen de aire que se expulsa durante el primer segundo de la espiración forzada. Aunque se expresa como volumen (en mL), dado que se relaciona con el tiempo supone en la práctica una medida de flujo. Se considera normal si es mayor del 80% de su valor teórico.
- **RELACIÓN FEV₁/FVC (FEV₁%):** Expresada como porcentaje, indica la proporción de la FVC que se expulsa durante el primer segundo de la maniobra de

espiración forzada. Es el parámetro más importante para valorar si existe una obstrucción, y en condiciones normales ha de ser mayor del 75%, aunque se admiten como no patológicas cifras de hasta un 70%. Aunque en algunos textos se denomina a esta relación “Índice de Tiffeneau”, esto es incorrecto, pues el índice de Tiffeneau relaciona el FEV₁ con la capacidad vital “lenta” (VC) y no con la capacidad vital forzada (FVC).

- **FLUJO ESPIRATORIO FORZADO ENTRE EL 25% Y EL 75% DE LA CAPACIDAD VITAL FORZADA (FEF_{25%-75%}):** Este parámetro sirve en teoría para reflejar el estado de las pequeñas vías aéreas (las de menos de 2 mm de diámetro), lo que serviría para detectar tempranamente las obstrucciones. Se considera patológico por debajo del 65%. (Young 2007) (fig1. 2)

En Atención Primaria se utilizan preferentemente la FVC, el FRV₁ y FEV₁/FVC, que aportan en conjunto suficiente información para el diagnóstico y seguimiento de los pacientes. (Universidad de Lleida: Espirometría 2004)

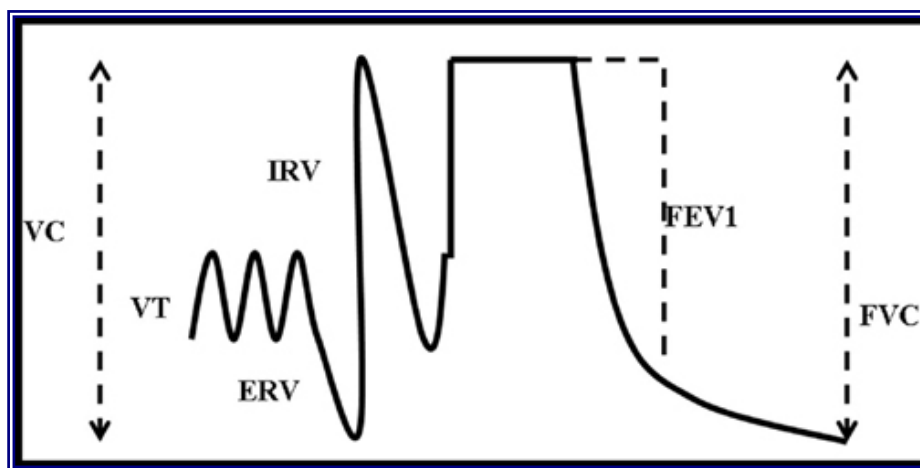


Figura1. 2: Representación Flujos aéreos Fuente: J.Villamor León Neumología 1997

- De la curva flujo-volumen se pueden extraer la capacidad vital forzada (CVF), el pico-flujo y los flujos al 75,50 y 25% de la CVF. (fig.1. 3)

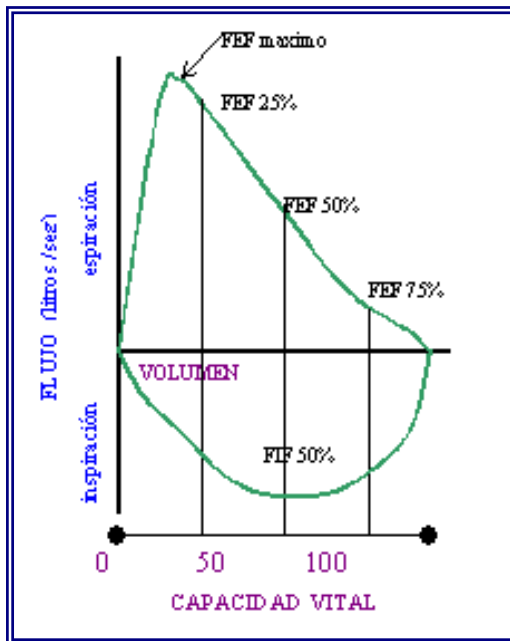


Figura1.3: Representación curva flujo-volumen

A nivel práctico los parámetros a tener más en cuenta para la rutina diagnóstica diaria son:

- FVC ($\leq 80\%$)
- FEV₁ ($\leq 80\%$)
- FEV₁/FVC ($< 70\%$)
- PEF ($\leq 80\%$)
- MMEF/FEF_{25-75%} ($\leq 60-65\%$)
- FEF₅₀/FIF₅₀? (0.8-1.2)
- Morfología de la curva F/V

I.2-La espirometría

1.2.1 Introducción

La espirometría es una prueba que podría ser considerada rutinaria en la mayoría de las enfermedades respiratorias. A diferencia de otras pruebas de función pulmonar, su empleo trasciende el ámbito neumológico, de modo que debería ser realizada en la mayoría de los consultorios de medicina general. Sin embargo, es posible que la mayoría de las limitaciones que se han planteado a su generalización provengan de la dificultad para obtener registros válidos. Sólo si se cumplen de forma escrupulosa los criterios técnicos de realización es posible obtener pruebas que resulten útiles en la clínica. (Naberan 2006)

En general, resulta recomendable que el médico que solicita la espirometría explique al paciente el motivo de la misma y las características del procedimiento. De igual modo, se aconseja proporcionar al paciente varios días antes de la prueba (al citarse) instrucciones por escrito en las que se establezcan las pautas que debe seguir antes de la prueba. En concreto, se recomendará suspender el uso de fármacos agonistas β_2 -adrenérgicos seis horas antes y el de teofilinas o derivados 12 ó más horas antes de la prueba. El paciente no debe fumar en la hora anterior a la espirometría. No es necesario el ayuno, pero se deben evitar comidas abundantes y bebidas con cafeína en las horas previas.

En relación con el control microbiológico de los equipos de función pulmonar, si se sospecha que el paciente tiene una tuberculosis activa, al menos deberían obtenerse tres baciloscopias negativas. (Murray 1998)

El técnico que realiza la espirometría debe tener una suficiente formación en el procedimiento. Para realizar espirometrías de modo satisfactorio se consideran necesarios seis meses de trabajo supervisado y conocimientos sobre fundamentos metodológicos y su aplicación en patología respiratoria. Es a partir del año cuando se alcanza por término medio la capacitación suficiente para detectar errores en el procedimiento o en el funcionamiento de los aparatos. (Itabashi 2003)

Existen otros aspectos generales que es necesario tener en cuenta antes de iniciar la exploración. Si se pretenden realizar espirometrías seriadas, sería preferible repetirlas siempre a

la misma hora del día. Las condiciones ambientales recomiendan una temperatura entre 17 y 40°C.

El paciente debe permanecer 15 minutos en reposo antes de la prueba y es imprescindible proporcionarle una explicación del procedimiento antes de iniciarlo. En concreto, se le debe insistir en la necesidad de evitar fugas alrededor de la pieza bucal y en la realización de un esfuerzo inspiratorio máximo, seguido por una espiración forzada máxima y sostenida.

Es aconsejable la demostración de la maniobra por el técnico y, en caso de pacientes poco hábiles, la realización de ensayos de la maniobra con la boquilla suelta.

En general, se considera que la posición corporal idónea para llevar a cabo la espirometría es con el paciente sentado erecto. Se debe evitar la inclinación hacia delante durante la espiración, puesto que comprime la traquea y favorece el depósito de saliva a través de la pieza bucal. Sin embargo, la *American Thoracic Society* (ATS) 2005 aconseja que la prueba se realice con el paciente sentado o de pie, según su elección. Debe recordarse, que en personas de edad media, la capacidad vital es 70 ml menor sentado que de pie. El decúbito no es una posición aconsejable, puesto que los valores obtenidos de esta forma resultan aproximadamente un 10% inferiores a los obtenidos con el paciente sentado. Si existen enfermedades neuromusculares, la diferencia puede superar el 40-60%.

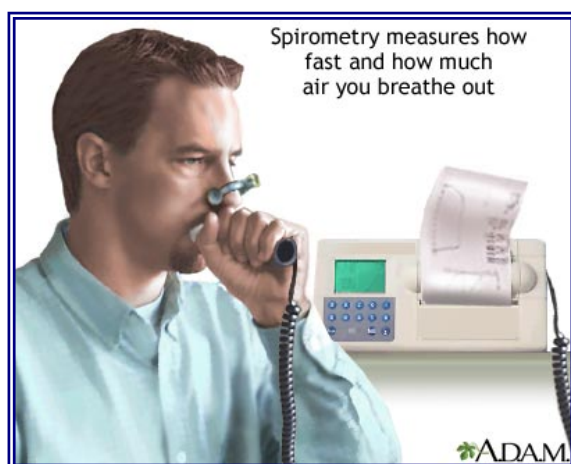


Figura 1.4: realización de espirometría. Fuente: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus>

La utilización de pinzas nasales es imperativa en la determinación de la capacidad vital lenta o de la máxima ventilación voluntaria. Aunque es difícil que durante una maniobra de

capacidad vital forzada el paciente espire por la nariz, también se aconseja emplear pinzas nasales, especialmente si el tiempo de espiración forzada es muy prolongado y en niños.

El paciente deberá respirar a través de una boquilla indeformable para evitar la reducción de la luz por mordedura durante la espiración forzada, sujeta con los labios. No se recomienda retirar la dentadura postiza, salvo que por su mala sujeción pueda soltarse y obstruir el flujo aéreo, puesto que mejora la fijación de la boquilla.

La realización de una adecuada secuencia respiratoria es imprescindible para que la maniobra resulte correcta. Si se utiliza un espirómetro de agua, el paciente debe colocarse en posición de reposo, efectuar una espiración máxima, seguida por una inspiración máxima, una breve pausa de apnea y una espiración forzada y máxima. Si se emplea un espirómetro seco o un neumotacógrafo, el paciente realizará una espiración máxima y forzada desde la posición de inspiración máxima hasta volumen residual.

Se recomienda que la pausa a capacidad pulmonar total no exceda los dos segundos de duración, puesto que la fuerza de relajación de los elementos pulmonares visco-elásticos es dependiente del tiempo. Si la maniobra de FVC se realiza inmediatamente después de la inspiración a TLC, se alcanzan flujos espiratorios levemente superiores que si se realiza la pausa.

La sucesión de inspiración máxima y espiración forzada origina, en algunos pacientes asmáticos, efectos de broncodilatación y broncoconstricción. Para obviar estos problemas, sobre todo en la interpretación de pruebas de broncodilatadores, se han desarrollado las curvas flujo-volumen parciales, en las que la espiración forzada se realiza desde un volumen inferior a la capacidad pulmonar total.

Se realizarán un mínimo de tres maniobras satisfactorias de espiración forzada, según las características detalladas. Si las maniobras obtenidas no son satisfactorias, se repetirán hasta un máximo de ocho maniobras. En el caso de la capacidad vital lenta, no se realizarán más de cuatro determinaciones. (Report working party. Standardization of lung function tests. Official statement of the European society. 1993)

1.2.2 Aspectos a tener en cuenta

- Indicaciones de la espirometría

- Diagnósticas
 - Evaluación preoperatoria
 - Seguimiento de patología respiratoria
 - Incapacidad profesional
 - Estudios epidemiológicos
 - Estado de salud de deportistas
-
- Contraindicaciones de la espirometría
- a) Absolutas
- Neumotórax
 - Angor inestable
 - Desprendimiento de retina
-
- b) Relativas
- Traqueotomía
 - Problemas bucales
 - Hemiplejía facial
 - Náuseas por la boquilla
 - No comprender la maniobra (ancianos, niños)
 - Estado físico o mental deteriorado
-
- Patrones espirométricos típicos
- Patrón obstructivo
- FVC normal o disminuido
 - FEV₁ disminuido
 - FEV₁/FVC disminuido
 - PEF disminuido
 - MMEF disminuido
-
- Patrón restrictivo
- FVC bajo
 - FEV₁ normal o bajo
 - FEV₁/FVC normal

- MMEF normal

- Patrón mixto

- CVF bajo
- FEV₁ bajo
- FEV₁/FVC bajo
- MMEF bajo

- Patrón de vías finas

- MMEF disminuido

- Prueba broncodilatadora

Repetir espirometría a los 15-20 minutos de 3-4 inhalaciones de B2-adrenérgico de rápida acción. Si el FEV₁ mejora un 12-15% se considera positivo (más de 200 ml). (Universidad de Lleida :Espirometria 2004)

Instrucciones antes de la prueba:

- Evitar broncodilatadores: 6 horas los B2 de acción corta; 12 h los B2 de acción larga y teofilinas retardadas, y 24 h los orales de acción prolongada (Bambuterol o salbutamol de acción prolongada)
- Explicar bien la maniobra al paciente
- No tomar bebidas de cola o fumar en las horas previas
- Posición sentada con la nariz tapada
- Mínimo de 3 maniobras, máximo de 8-9 maniobras
- Espiración al menos de 6 segundos
- Edad, peso y talla
- Temperatura, presión atmosférica y humedad
- Técnica de la espirometría.
 - Inspiración máxima
 - Breve apnea posterior
 - Espiración máxima brusca, forzada y mantenida (6 segundos mínimo)
 - La mejor curva: Mejor suma FVC + FEV₁
 - La diferencia entre las dos mejores curvas (FVC) será de un 5% o 100 mL

- Otras técnicas más sofisticadas
 - Determinación de volúmenes pulmonares
 - CRF (80-120%)
 - VR (80-120%)
 - CPT (80-120%)
 - VR/TLC (>40%)
 - Capacidad de difusión

Estas técnicas precisan aparataje más complejo y caro. Para medir volúmenes pulmonares se pueden utilizar la técnica del Helio y la Plestismografía Sirven para valorar mejor los distintos patrones funcionales y el atrapamiento aéreo.

La capacidad de medir la integridad de la membrana alveolocapilar y la transferencia de gases se realiza por la técnica de la transferencia del CO₂. Este parámetro funcional esta alterado fundamentalmente en enfermedades intersticiales y en el enfisema pulmonar.

• FVC 98%	• FVC 96%	• FVC 88%	• FVC 75%	• FVC 40%
• FEV ₁ 99% (+3%)	• FEV ₁ 95% (+6%)	• FEV ₁ 64% (+15%)	• FEV ₁ 88% (-3%)	• FEV ₁ 23% (+2%)
• FEV ₁ /FVC 78%	• FEV ₁ /FVC 85%	• FEV ₁ /FVC 6%	• FEV ₁ /FVC 83%	• FEV ₁ /FVC 40%
• PEF 89%	• PEF 87%	• PEF 65%	• PEF 88%	• PEF 35%
• MMEF 99%	• MMEF 59%	• MMEF 55%	• MMEF 95%	• MMEF 18%
Normal	Afectación de vías finas	Patrón obstructivo de grado moderado. Prueba broncodilatadora positiva	Leve patrón restrictivo. Prueba broncodilatadora negativa	Muy severo patrón mixto de predominio obstructivo. Prueba broncodilatadora negativa

Tabla 1.1 Ejemplos prácticos de valores espirométricos

Ejemplo 1. Moderado patrón obstructivo. Prueba broncodilatadora positiva. Capacidad de difusión normal. Atrapamiento aéreo moderado.

Ejemplo 2. Patrón obstructivo leve. Leve disminución de la capacidad de difusión y de la Kco. Atrapamiento aéreo moderado.

Ejemplo 3. Severo patrón restrictivo. Disminución de los volúmenes pulmonares estáticos (TLC, VR) que confirman el patrón restrictivo. (Matran 2006)

Test de evaluación de función pulmonar

Son elementos de apoyo diagnóstico, el más utilizado es la espirometría que permite la medición de volúmenes pulmonares

1.2.3 Criterios de aceptabilidad

Para considerar que una maniobra de FVC es satisfactoria se debe observar al paciente durante la realización de la prueba, analizar el registro gráfico y verificar el cumplimiento de unos criterios analíticos. (Sanchis 1989)

Mientras el paciente efectúa la espirometría, se debe comprobar que las maniobras inspiratorias y espiratorias son realizadas con esfuerzo máximo, sin vacilación, y que mantiene el esfuerzo espiratorio.

El registro gráfico de la espirometría debe tener en su inicio una deflexión neta y brusca, para dibujar en su curso una curva de concavidad hacia arriba, siempre suave y sin rectificaciones. Su finalización debe ser asintótica y no perpendicular o brusca. No obstante, se recordará que, en ocasiones, aparecen oscilaciones a lo largo de la curva espiratoria, que pueden corresponder a problemas técnicos (espirómetros de agua o con inercia debido a cámara de volumen) o representar variaciones del flujo espiratorio por alteraciones de las vías aéreas extra o intratorácicas (obstrucción de vías altas o síndromes extrapiramidales).

Los tres criterios de aceptabilidad exigibles son:

- Inicio de la maniobra. Puesto que el tiempo cero se determinará por extrapolación retrógrada, cuanto más lento sea el inicio de la espiración forzada mayor será el volumen extrapolado. En consecuencia, las maniobras satisfactorias tendrán un volumen extrapolado reducido. La Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) (Sanchis 1989) señala que el volumen extrapolado debe ser menor del 10% de la capacidad vital y menor de 100 mL. La *European Respiratory Society* (ERS) aconseja un volumen extrapolado menor del 5% de la FVC y menor de 100 mL. Por último, la ATS recomienda que el volumen extrapolado sea menor del 5% de la FVC y menor de 150 mL.

Es posible que dentro de los criterios de inicio de la maniobra, se incluya en los próximos años el tiempo hasta el máximo flujo espiratorio (PEF) o el tiempo de aumento del PEF (tiempo entre el 10% y 90% PEF).

- Duración de la espiración forzada. La ATS recomienda que la duración del esfuerzo espiratorio no sea inferior a seis segundos. Sin embargo, este tiempo puede no ser alcanzado por niños, adultos jóvenes o enfermos con restricción.

- Finalización de la maniobra. Tanto la SEPAR como la ERS consideran que se puede considerar que la maniobra espiratoria ha finalizado cuando el volumen espiratorio es menor de 25 ml en 0,5 segundos.

Sin embargo, la ATS plantea que la maniobra finaliza cuando se cumple una de las siguientes circunstancias:

- es evidente la incapacidad del sujeto para continuar espirando
- la curva volumen-tiempo tiene una meseta (definida como un volumen espiratorio inferior a 30 mL) durante al menos un segundo
- la espiración forzada tiene una duración razonable. Puesto que en algunos pacientes con limitación al flujo aéreo, un tiempo de espiración de seis segundos puede no resultar suficiente para alcanzar una meseta y podrían requerir hasta 20 segundos.

No obstante, es aconsejable tener en cuenta que en curvas que no cumplan los criterios de finalización adecuada, la medida del FEV₁ puede resultar válida. También existe alguna controversia en torno a si el FEV₆ puede resultar una alternativa a la FVC.

1.2.4 Criterio de reproducibilidad

Durante la maniobra de FVC se produce un fenómeno de compresión del gas alveolar, que reduce el volumen pulmonar y, por tanto, la presión de retracción elástica del pulmón, que es el principal determinante del flujo espiratorio máximo. Este fenómeno es particularmente relevante en pacientes con alteración ventilatoria obstructiva, en los que la compresión del gas alveolar durante la maniobra de FVC puede reducir la velocidad de vaciamiento pulmonar. Por el contrario, durante una maniobra submáxima, en la que la compresión del volumen alveolar sería menor, es posible encontrar flujos espiratorios más elevados en la porción esfuerzo-independiente de la curva. Sin embargo, los esfuerzos submáximos son muy raramente reproducibles. Para tratar de obviar este problema y las variaciones respiración a respiración surge la necesidad de obtener curvas reproducibles.

La SEPAR considera que existe reproductibilidad cuando entre la mayor y segunda FVC de las tres curvas obtenidas la diferencia es $\leq 5\%$ y ≤ 100 mL. La ERS considera que las curvas son reproducibles cuando las diferencias en FVC y FEV₁ entre las dos mejores son $\leq 5\%$ y ≤ 100 mL. Por último, la ATS recomienda que únicamente se utilice como criterio de reproductibilidad una diferencia en la FVC y el FEV₁ ≤ 200 mL.

En esta última normativa, sólo se emplea la diferencia en valor absoluto entre las maniobras puesto que así se simplifica el cálculo durante la realización de la prueba y, además, porque se ha demostrado que la variabilidad del FEV₁ y de la FVC no es dependiente del tamaño corporal

Al aplicar los criterios de reproductibilidad no debe olvidarse que algunos enfermos sufren una broncoconstricción inducida por las maniobras de FVC y que los pacientes con obstrucción grave tienen una mayor variabilidad de sus parámetros espirométricos. En ambas circunstancias, puede resultar difícil obtener medidas reproducibles.

Una vez que se han obtenido tres maniobras satisfactorias y que se ha comprobado su reproductibilidad, se deben elegir los resultados de la espirometría y expresarlos en condiciones BTPS. Se acepta que se debe elegir la mayor FVC y el mayor FEV₁ de las tres curvas registradas, aunque correspondan a diferentes maniobras. En cuanto a la selección de los demás parámetros existe alguna controversia.

La SEPAR propone extraer todos los demás parámetros de la mejor espirometría, considerando como tal aquella que tiene una mayor suma FVC y FEV₁. Sin embargo, la ERS no recomienda elegir la mejor curva, sino que propone derivar los parámetros flujo-volumen por el método de la superposición (consistente en superponer las curvas con respecto a la TLC y considerar los mayores valores de flujo para los porcentajes correspondientes de la mayor FVC) o elegir los mayores flujos de las tres curvas reproducibles. Este último procedimiento, sería el recomendado siempre para el PEF, de forma que no varíe en más de un 10% con las otras dos curvas. No obstante, la ATS ha desestimado este engorroso procedimiento y nuevamente recomienda elegir la mejor curva (mayor FVC + FEV₁).

1.2.5 Problemas más frecuentes

Como se ha comentado anteriormente, la supervisión directa de la maniobra constituye el mejor procedimiento para detectar errores en la realización de la técnica.

En cualquier caso, algunos de los problemas más habituales que pueden encontrarse al efectuar una espirometría son:

- Inspiración no completa
- Espiración parcial antes de conectarse a la pieza bucal
- Fugas aéreas entre labios y pieza bucal
- Obstrucción parcial de la boquilla con la lengua o la dentadura postiza
- Deformación de la boquilla por los dientes
- Espiración no máxima ni progresiva (inicio dubitativo, inicio falso, etc.)
- Tos, sobre todo en el primer segundo.
- Maniobra de Válsalva
- Finalización precoz de la espiración forzada
- Efecto aprendizaje
- Fatiga
- Broncoespasmo inducido por la espiración forzada
- Realización de esfuerzos submáximos por miedo a la incontinencia en ancianos

En las normativas sobre espirometría de las distintas sociedades científicas que se han citado es posible encontrar una más detallada y exhaustiva revisión de todos los aspectos técnicos y metodológicos relacionados con la prueba.

1.2.6 Despistaje de patologías obstructivas o Screening

La espirometría tiene según los últimos estudios una gran importancia en el despistaje de numerosas patologías obstructivas (Mannino 2007). También cabe destacar el rol del VEF₁ como predictor de riesgo independiente. En una revisión publicada en 2007, en la que se analizaron resultados de estudios epidemiológicos, se concluyó que poseer un VEF₁ bajo aumenta el riesgo de mortalidad cardiovascular y por cualquier otra causa. Los autores

observaron que un no fumador con VEF_1 bajo puede tener incluso mayor riesgo de mortalidad por cualquier causa, que un sujeto que tenga el VEF_1 normal pese a ser, o haber sido, un gran fumador (Young 2007)(De Marcos 2007).

I.3-Mecánica ventilatoria

I.3.1 Anatomía y biomecánica de la caja torácica

El sistema respiratorio esta compuesto de dos partes diferenciadas: la caja torácica y los pulmones, que permiten el intercambio gaseoso. Estas dos estructuras están asociadas entre si gracias a la presencia de los planos de deslizamiento que representan las membranas pleurales.

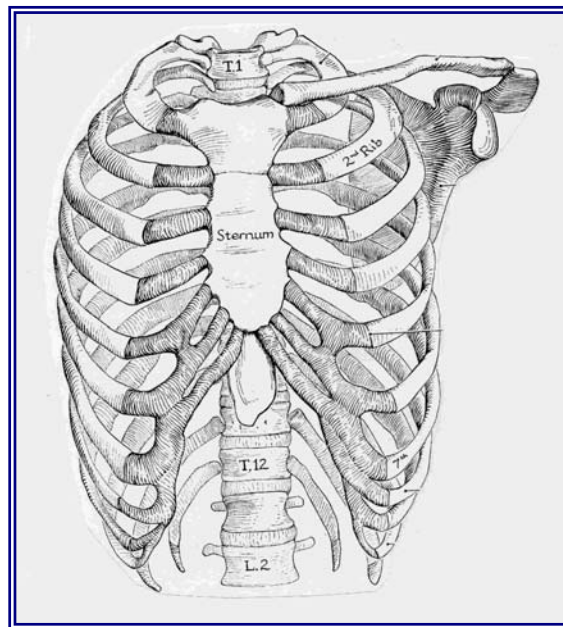


Figura 1.5: Representación de la caja torácica. Fuente: Reuben and Cherniack. Respiration in Health and Disease.

La caja torácica puede ser comparada con un compartimiento deformable constituido por el armazón costal y el sistema muscular. (Pinet 2004)

La caja torácica está formada por 12 pares de costillas que se articulan en la parte posterior con las vértebras. En la parte anterior, las siete primeras se articulan con el esternón.

Las costillas 7, 8, 9 y 10 se van uniendo entre ellas y forman el reborde costal. La unión del reborde derecho e izquierdo con la extremidad inferior del cuerpo del esternón, forma el ángulo costal. Las costillas 11 y 12 son flotantes ya que no se unen al esternón.

Destaca el ángulo esternal (de Louis) entre el manubrio y el cuerpo del esternón. Este es un punto de referencia donde llega la 2ª costilla. El apéndice xifoides corresponde a la punta del esternón y se palpa como una prominencia.

Los espacios intercostales adquieren el nombre de la costilla que está sobre ellos. (ej.: sobre el segundo espacio intercostal se ubica la 2º costilla). Se puede palpar fácilmente desde el segundo al sexto espacio, mientras que más abajo se hace más difícil porque las costillas están más juntas. La punta de la escápula, con los brazos colgando a los lados del cuerpo, llega a T7-T8.

En el interior de la caja torácica se encuentran los pulmones y el mediastino. En este espacio se ubica el corazón, esófago, tráquea, ganglios linfáticos, timo, aorta, vena cava superior e inferior. (Rotes-Querol 1968)

1.3.2-Vértebras

La apófisis espinosa de la 7ª vértebra cervical (C7) es habitualmente la más prominente (se nota especialmente al flectar el cuello). Desde ella se comienzan a contar las vértebras torácicas. Si se palpan dos vértebras prominentes, la de más arriba es C7 y la siguiente, T1.

Las puntas de las apófisis espinosas de las vértebras quedan, por su inclinación, más abajo que el cuerpo vertebral. Cuando se palpa una determinada apófisis (ej. T10), el cuerpo de la vértebra estaría aproximadamente a la altura de la apófisis inmediatamente superior (en este ejemplo, sería la apófisis T9). (Fig.1.6)

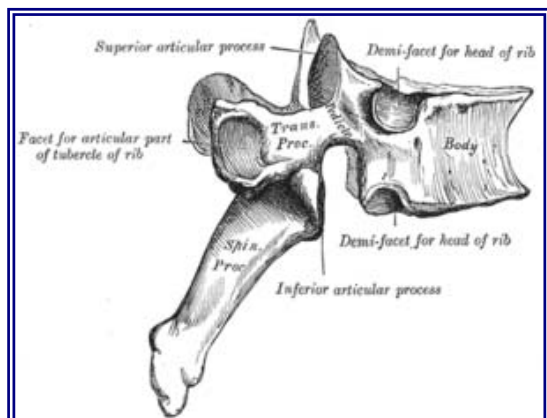


Figura 1.6: morfología vértebras dorsales. Fuente: [wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thoracic_Vertebral_Body.jpg)

1.3.3-Líneas anatómicas

Se distinguen las siguientes líneas paralelas en el plano vertical del tórax:

En la parte posterior: La línea vertebral se traza a nivel de las apófisis espinosas. Las líneas escapulares (derecha e izquierda) son paralelas a la línea vertebral y pasan por la punta de las escápulas (con los brazos colgando a los lados. (Fig.1.7)

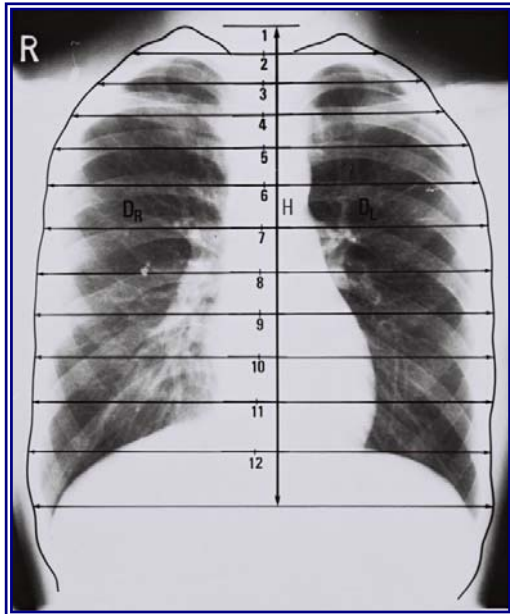


Figura1.7: Representación grafica de los niveles vertebrales en la caja torácica. Fuente: <http://www.scoliosisjournal.com/content/figures/1748-7161-1-17-1.jpg>

En la parte anterior: La línea medioesternal pasa vertical por la mitad del esternón.

La línea medioclavicular (derecha e izquierda) pasa por la mitad de las clavículas.

En la parte lateral: La línea axilar anterior corre verticalmente y pasa por la parte anterior del pliegue axilar.

La línea axilar posterior pasa por la parte posterior del pliegue axilar.

La línea axilar media pasa por la parte media del pliegue axilar.

1.3.4-Biomecánica de la caja torácica

Las costillas se articulan con las vértebras: es la articulación costo vertebral. Este tipo de articulación es de un solo eje y solo permite un movimiento de rotación de la costilla.

La costilla es un hueso con un doblez, que dependiendo del nivel en que se encuentra varia su localización. La consecuencia de rotar una costilla es que su extremo distal produce un movimiento en el plano vertical y/o un movimiento en el plano transversal (fig. 1.8).

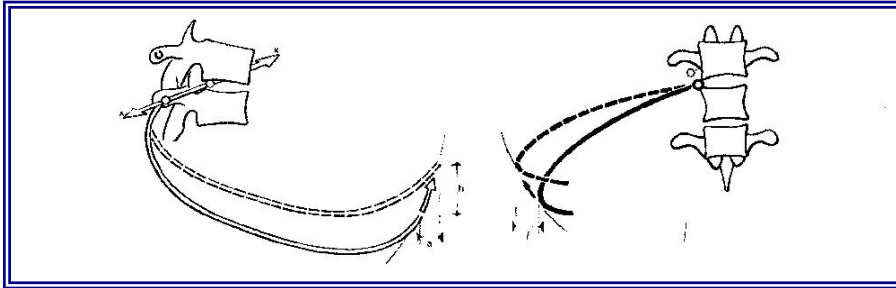


Figura 1.8. Eje de rotación de la costilla y sus implicaciones en el incremento del área plano vertical

Las costillas se articulan por delante con los cartílagos (articulación costocondral), con el esternon (articulación cóndro esternal). Los cartílagos a su vez se articulan con el esternon (articulación condrocostal). Después de una espiración, las costillas tienden a estar oblicuas hacia abajo. Cuando se produce una inspiración las costillas se horizontalizan. Esta suma de movimientos tiene como consecuencia el aumento o disminución del volumen interno de la caja torácica.

La anatomía describe los orígenes de un músculo como el punto que queda fijo y la inserción como la parte que genera el movimiento. El movimiento que genera esta fuerza tensil depende de la movilidad de los extremos. Este fenómeno se puede aplicar al movimiento de la caja torácica. (fig. 1.9)

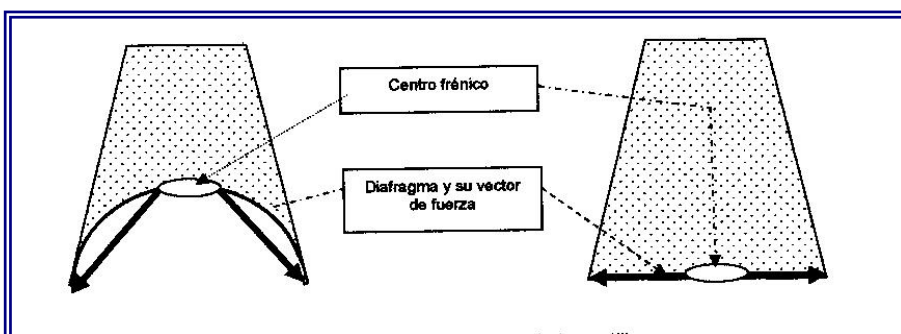


Figura 1.9. Acción mecánica del diafragma cuando la costilla se mueve

En el caso de la respiración abdominal, el diafragma se contrae de manera que la inserción sobre las costillas queda fija y la parte que se inserta en el centro frénico queda móvil. La consecuencia es que el centro frénico se moverá hacia abajo.

En el caso de la respiración torácica, el punto fijo y el punto móvil se invierten, es decir, el centro frénico queda fijo y la costilla se mueve hacia arriba. (fig. 1.10)

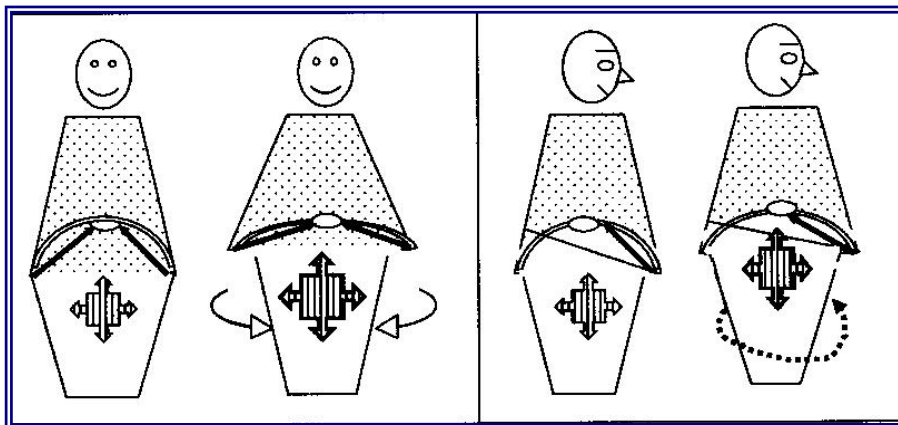


Figura 1.10. Representación esquemática de las acciones del diafragma cuando el centro frénico permanece fijo

La caja torácica está compuesta por doce pares de costillas unidas en la parte posterior por las vértebras dorsales y sus articulaciones costo vertebrales y costo transversas y delante por el esternon hasta la décima costilla, los arcos costales están inclinados hacia abajo. El desplazamiento de las costillas en los tres planos modifica el volumen del tórax. Durante la fase inspiratoria y la fase espiratoria el movimiento se efectúa por rotación alrededor de un eje que pasa por la articulación costo vertebral.

Podemos deducir que la expansión torácica se efectúa en un plano sagital para las costillas superiores y en un plano frontal para las inferiores.

El aparato respiratorio es sometido a dos tipos de fuerzas (Valenza Demet 2005), unas dinámicas formadas por los factores que determinan los movimientos respiratorios y unas estáticas derivadas de la propia posición o actividad del aparato respiratorio.

La ventilación se realiza mediante los movimientos de inspiración y espiración. Durante estos movimientos tenemos:

En la inspiración, un aumento del diámetro transversal y sagital del tórax un aumento de la presión de la cavidad pleural y una distensión pulmonar (con la entrada de aire).

En la espiración, una disminución de los diámetros del tórax y un aumento de la presión intrapulmonar (con la expulsión de aire)

La mecánica respiratoria se basa fundamentalmente en dos factores, la elasticidad y la fuerza. La elasticidad compete sobre todo a los pulmones y la fuerza depende de la función muscular esencialmente durante la fase inspiratoria.

1.3.5-Exploración de la caja torácica

Las bases de los pulmones en espiración normal llegan hasta D10 (en espiración forzada puede ser D9), y en inspiración, hasta D12. La incursión respiratoria es de 4 a 6 cm. La base derecha es más alta que la izquierda por la ubicación del hígado.

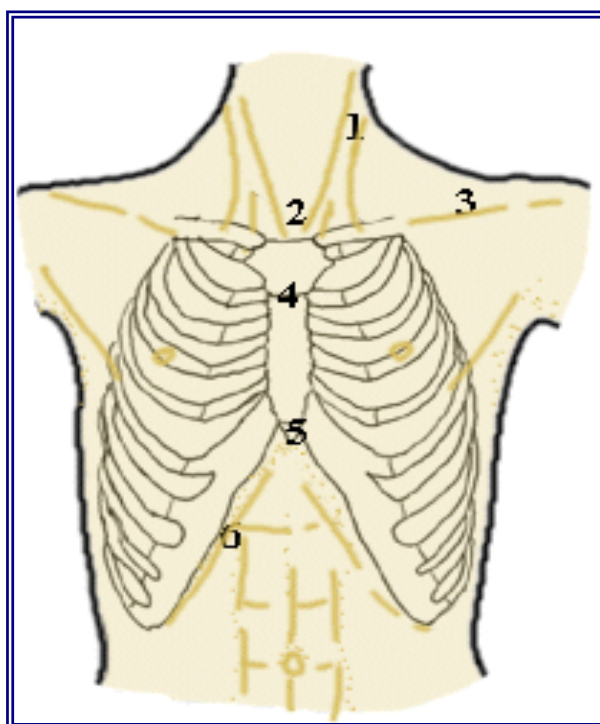


Figura 1.11: Referencias anatómicas de la exploración torácica. Fuente: <http://www.med.mun.ca/anatomyts/thorax/surf.gif>

La punta de la escápula, con los brazos colgando a los lados del cuerpo, llega a D7 (o entre D7 y D8). La línea vertebral se traza a nivel de las apófisis espinosas. Las líneas escapulares (derecha e izquierda) son paralelas a la línea vertebral y pasan por la punta de las

escápulas (con los brazos colgando a los lados). En la espalda, se proyectan especialmente los lóbulos inferiores (se extienden desde D3, que es donde nace la fisura oblicua, hasta las bases). La fisura oblicua sigue un curso hacia abajo y hacia adelante, hasta terminar en la línea medioclavicular.

Por delante destaca el ángulo esternal (o ángulo de Louis), entre el manubrio y cuerpo del esternón. Este es un punto de referencia donde llega la 2ª costilla. Los espacios intercostales adquieren el nombre de la costilla que está sobre ellos (p.ej. el 2º espacio intercostal queda debajo de la 2ª costilla).

El apéndice xifoideo corresponde a la punta del esternón y se palpa como una prominencia. La 7ª costilla es la última que se articula con el esternón. El ángulo costal está formado por las costillas 7, 8 y 9, en su unión anterior. Los espacios intercostales son fáciles de palpar del segundo al sexto; más abajo, las costillas están muy juntas.

La línea medioesternal pasa vertical por la mitad del esternón. La línea medioclavicular (derecha e izquierda) es vertical a la línea medioesternal y pasa por la mitad de las clavículas.

Las bases de los pulmones, por delante, llegan a la 6ª costilla, a nivel de la línea medioclavicular.

El lóbulo medio del pulmón derecho se proyecta desde la 4ª costilla hasta la base.

1.3.6-Anatomía y fisiología de la pleura

La pleura es una membrana serosa compuesta por dos láminas que se adosan entre sí a manera de vidrios húmedos; ejercen presión negativa que evita el colapso pulmonar. La fisiología del espacio pleural interactúa de manera directa con los sistemas respiratorio y cardiovascular, por lo mismo, las alteraciones de esta presión negativa comprometen la función de ambos sistemas.

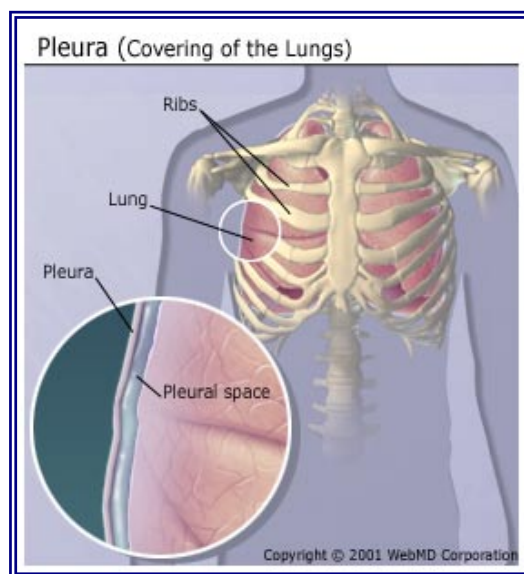


Figura 1.12: Representación gráfica de la pleura y su relación con la caja torácica y con los pulmones. Fuente: <http://www.ghi.com/WebMD/topics/pleura.jpg>

Anatomía

La pleura está formada por una capa de células mesoteliales que asienta sobre una membrana basal compuesta básicamente por colágeno, elastina, capilares sanguíneos y linfáticos. En condiciones de normalidad esta capa submesotelial de tejido conectivo ayuda a distribuir las fuerzas mecánicas sobre toda la superficie del pulmón y contribuye al conjunto de propiedades elásticas del pulmón. Es una membrana muy fina que recubre al pulmón con sus cisuras, al mediastino, al diafragma y a la pared costal.

Entre ambas hojas pleurales existe un espacio virtual que se denomina espacio pleural. En el espacio pleural hay una pequeña cantidad de líquido en sujetos normales (0.1-0.2 mL/Kg. de peso corporal en humanos) que está en un equilibrio dinámico. Este líquido lubrica y facilita el acoplamiento del pulmón y la pared torácica.

La estructura de la pleura parietal difiere de la pleura visceral. La pleura parietal está compuesta por tejido conectivo irregular, blando, cubierto por una capa de células mesoteliales. Dentro de la pleura están los vasos sanguíneos, principalmente capilares y lagunas linfáticas.

La pleura visceral varía de espesor según las especies: puede ser gruesa como en el hombre.

Histológicamente la pleura visceral gruesa está compuesta por dos capas: el mesotelio y el tejido conectivo; los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios se localizan en el tejido conectivo. El espesor del tejido conectivo limita el intercambio de líquido y partículas entre el espacio pleural y los vasos sanguíneos y linfáticos. (Rodríguez Panadero 1993)

1- La célula mesotelial

Esta célula además de actuar como una célula de revestimiento tiene una función metabólica muy importante. Es una célula multi potencial y su tamaño oscila entre 1-4 cm. Está recubierta por microvellosidades que intervienen en la absorción de líquido y de sustancias del líquido pleural. La activación de la célula mesotelial puede iniciar toda la cascada de los procesos implicados en la inflamación, así como provocar cambios en la permeabilidad de la membrana pleural. El mesotelio es capaz de segregar componentes del tejido conectivo, contribuyendo así a la formación de la matriz conjuntiva en el pulmón subyacente. También puede segregar agentes quimiotácticos como el de los neutrófilos y favorecer la llegada a la pleura de monocitos que pueden transformarse en macrófagos. La célula mesotelial es capaz de emigrar para iniciar los procesos de reparación pleural y además puede transformarse en macrófago (Sahn 1988).

2-Vascularización pleural

La pleura parietal recibe su irrigación sanguínea de los capilares sistémicos, a través de ramas de las arterias intercostales que irrigan la pleura costal; la pleura mediastínica es irrigada principalmente por la arteria pericardiofrénica y la pleura diafragmática es irrigada por las arterias musculofrénica y frénica superior.

3-Inervación pleural

Sólo las pleura costal y diafragmática reciben nervios sensitivos y, por tanto, son las únicas zonas capaces de producir dolor cuando son irritadas. Los nervios intercostales inervan a la pleura costal y la parte periférica de la pleura diafragmática. La porción más externa del diafragma irradia el dolor hacia la zona costal, mientras que la más medial lo hace hacia el hombro ipsilateral, a través del nervio frénico.

Por tanto cuando el paciente experimenta "dolor pleurítico" es porque hay afectación de la pleura parietal. Por el contrario, la pleura visceral no presenta fibras dolorosas pero suele responder a estímulos irritativos con un reflejo tusígeno.

Consideraciones fisiológicas

La pleura tiene como función armonizar las fuerzas elásticas y no elásticas torácicas y pulmonares, con el fin de que los movimientos de retracción y expansión del pulmón se realicen en condiciones de gasto energético mínimo. Estas condiciones existen cuando las dos hojas pleurales están adosadas una a la otra e independientes, de forma que toda modificación volumétrica del fuelle toracodiafragmático se acompaña de una modificación igual del volumen pulmonar (Light 1995).

1-Presiones intrapleurales

Si abriéramos el tórax a presión atmosférica, los pulmones disminuirían su volumen, perdiendo su elongación habitual. Con el tórax abierto el volumen de la cavidad torácica es alrededor del 55% de la capacidad vital. Existe, pues, una fuerza elástica que se opone a esta situación de reposo y que lleva el pulmón a la pared torácica. Esta fuerza negativa se aloja entre la pared visceral y la pleura parietal y se denomina presión negativa intrapleural. Dicha presión rodea todo el pulmón, siendo la principal causante de que el pulmón permanezca expandido sin necesidad de estar fijado a la pared torácica. Esto ocasiona que los alvéolos de las zonas superiores sean mayores que los de las bajas y también contribuye a que en las zonas apicales existan blebs y bullas con mayor frecuencia (Light 1995)(Owen 1995).

2-Formación y absorción de líquido pleural

En el estudio del líquido pleural (LP) hay que tener en cuenta el volumen de líquido, las células existentes y los factores físico-químicos. Existe una pequeña cantidad de Líquido Pleural en sujetos normales. Este líquido contiene células entre las que se encuentran leucocitos (polimorfonucleares, linfocitos y macrófagos), escasa cantidad de hematíes y células mesoteliales. Las características físico-químicas del Líquido Pleural son similares a las del suero aunque con leves variaciones.

Por tanto, el flujo de líquido a través de las membranas pleurales es controlado por la suma de las presiones oncóticas e hidrostáticas de los capilares pleurales y el espacio pleural.

Resumiendo, actualmente se considera que el líquido pleural se forma como un ultrafiltrado de los vasos sistémicos de la pleura parietal (y en mucho menor grado de la pleura visceral), y que sale a través de los linfáticos de la pleura parietal (Owen 1995).

I.3.7-Los músculos respiratorios

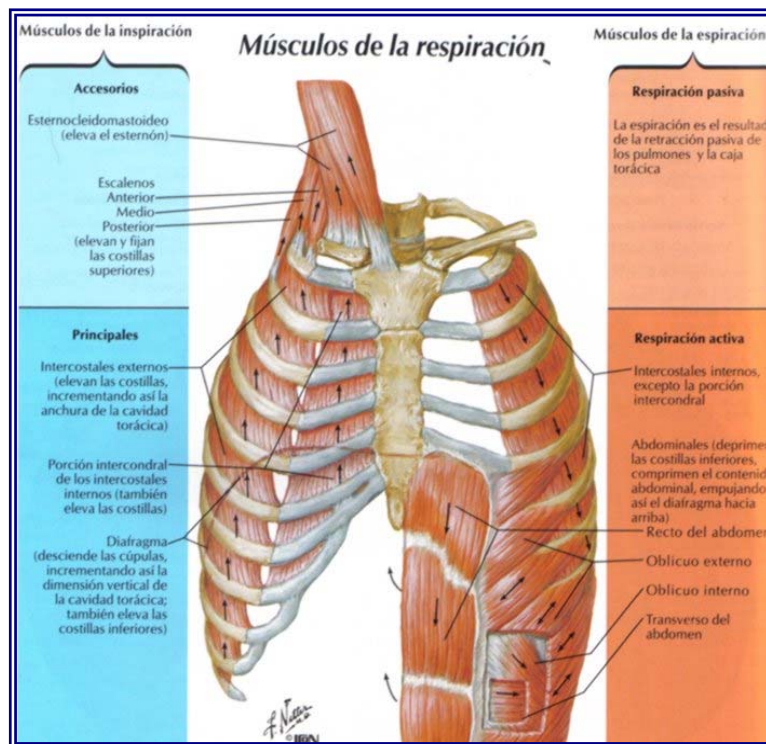


Figura 1.13. Anatomía Netter Netter F.H.

El sistema respiratorio puede ser dividido en tres componentes: un sistema de regulación (cerebro, médula y plexos periféricos), un órgano encargado del intercambio de gases con el medio (pulmón) y una bomba contráctil, responsable de establecer el flujo aéreo (músculos respiratorios).

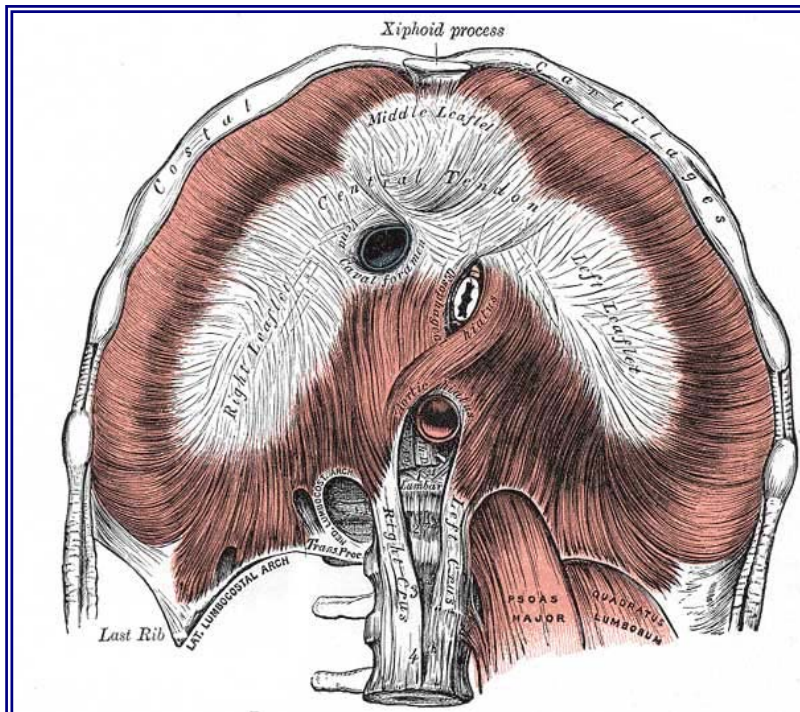
Si el diafragma y demás músculos respiratorios fracasan en su función (p. ej., fatiga o debilidad), se produce la insuficiencia ventilatoria y, ocasionalmente, la muerte.

Lo anterior ha motivado un creciente interés y el desarrollo de estudios específicos sobre los cambios funcionales y estructurales de los músculos respiratorios en presencia de diversas enfermedades.

Desde el punto de vista embrionario, histológico y funcional, los músculos respiratorios (MR) son músculos esqueléticos (Epstein 1994). Los músculos esqueléticos de animales o individuos sanos son órganos muy sensibles al medio y a los cambios de actividad, tanto por uso como por desuso. Tienen la capacidad de expresar una gran variedad de cambios adaptativos ante la sobrecarga crónica, pero son también susceptibles de sufrir trastornos degenerativos, tanto fenotípicos como funcionales, cuando existen factores sistémicos inductores de miopatías de diversa índole (Masseti de Alasino 1998).

Debemos tener claro que la fase inspiratoria es una fase activa, mientras que la fase espiratoria es pasiva en el primer momento al volver a un estado de equilibrio entre las fuerzas de expansión torácica y la fuerza de retracción elástica, para terminar posteriormente en una fase activa de la espiración cuando se solicita un aumento de la espiración.

Cuando solicitamos un aumento de la respiración, la inspiración sigue activa y pone en marcha a los músculos inspiratorios accesorios. Los músculos inspiratorios principales, diafragma, escalenos, intercostales externos y paraesternales se contraen y producen una expansión torácica.



a-Diafragma

Figura 1.14: representación grafica del diafragma, visión infero-superior. Fuente: <http://anatomy.med.umich.edu/images/diaphragm.jpg>

Podemos decir que el diafragma, tanto desde un punto de vista anatómico como embriológico, está formado por dos músculos diferentes, costal y crural (DeTroyer 1981) que tendrán, asimismo, un comportamiento diferente tanto en situación de normalidad como en situaciones funcionales de desventaja.

Recuerdo anatómico

El diafragma se inserta:

- En la cara profunda del apéndice xifoides por su parte anterior.
- En la cara profunda de los últimos seis arcos costales en la parte lateral.
- En la cara anterior de las tres últimas vértebras lumbares del lado derecho.
- En la cara anterior de las dos primeras costillas del lado derecho.

Con formaciones aponeuróticas que van desde las últimas costillas hasta las vértebras lumbares. (De Troyer 1996)

Desde estas inserciones, las fibras musculares convergen hacia el centro frénico, que forma una doble cúpula con concavidad infero-anterior y que separa las cavidades abdominal y torácica.

El diafragma comprende 3 partes: la parte anterolateral o costal, la posterior o crural y el tendón central. Este último es una estructura inelástica que sirve de origen a las fibras musculares con su vértice situado en el esternón con forma bilobulada, y con dos cúpulas, una en cada lado. Esta distribución anatómica confiere una especial disposición y curvatura a dicho tendón que se relaciona claramente con los mecanismos de respiración.

Movilidad del diafragma en posición vertical

La bajada del centro frénico conlleva un aumento del diámetro vertical del tórax y así un aumento de la presión intratorácica, que explica su papel inspirador.

Con la bajada del centro frénico el único punto fijo del diafragma es la columna lumbar. Así un esfuerzo importante de la espiración produce una tracción hacia abajo sobre el tórax y necesita un anclaje de la caja torácica a la columna, es aquí donde se hace fundamental el papel

de los escalenos, que podemos ver cuando existe una parálisis que provoca una caída del tórax a cada contracción del diafragma (Valenza Demet 2005).

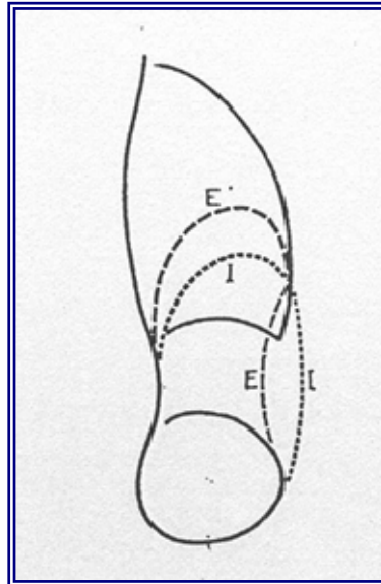


Figura 1.15. Movilidad del diafragma en posición vertical. Fuente: Valenza y col 2006

En cuanto a la elevación espiratoria del diafragma, coloca el músculo en posición para empezar un nuevo ciclo debido a la elasticidad del parénquima pulmonar y a la elevación de la presión intraabdominal. (Figura 1.15)

Movilidad del diafragma en decúbito (supino, prono y lateral)

El diafragma funciona según las presiones que recibe. En una respiración normal, el hemidiafragma situado del lado de apoyo es empujado por la presión intraabdominal; en esta posición, el diafragma es más espiratorio que en las otras partes. (Willput 2000) (Figura 1.16)

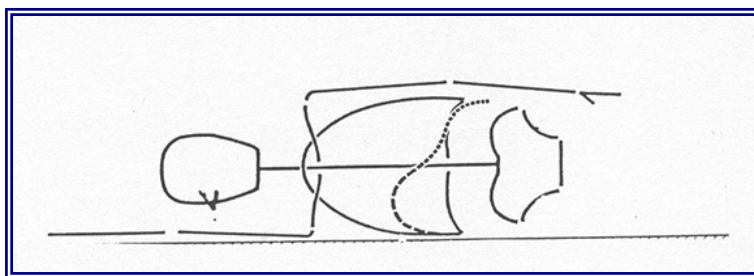


Figura 1.16: movilización del diafragma en decúbito lateral. Fuente: Valenza y col 2006

Cuando existe un aumento importante del volumen en inspiración y espiración el desplazamiento del diafragma del lado del apoyo va a ser mucho más grande que las otras porciones del diafragma; de ahí la utilización de la posición de decúbito lateral para mover más las fibras laterales y la tonificación del hemidiafragma del lado de apoyo.

Debido a su situación, el diafragma permite una ventilación de las pirámides basales, y ocho segmentos serán directamente afectados, además del aumento del diámetro vertical resultante de la bajada del diafragma.

La respiración diafragmática es una maniobra que pretende coordinar la inspiración con la expansión de la pared abdominal, logra disminuir la frecuencia respiratoria, incrementar el volumen corriente, incidir sobre el intercambio gaseoso y mejorar la tolerancia al ejercicio y la disnea.

Es además el músculo que permite esnifar y permite las espiraciones nasales con sacudidas. El Sniff Test permite evidenciar la parálisis de uno o de los dos nervios frenicos, con la función paradójica de la hemi-cúpula o del conjunto del músculo, con elevación del sector afectado por la parálisis.

Este tipo de respiración puede ser utilizado en patología neurológica que afecta el nervio frenico, o pacientes recién intervenidos, con hipoestesia para provocar una actividad diafragmática.

Recientes estudios han señalado beneficios provenientes del entrenamiento con resistencia a la inspiración, que mejora la función del diafragma y de los músculos ventilatorios accesorios.

No existen ninguna patología respiratoria en donde la reeducación respiratoria no pueda ser utilizada, sabiendo que el diafragma es el músculo más importante de la inspiración; y asociado a un buen tono de las fibras transversales del abdomen sigue siendo un magnífico músculo espiratorio. Tampoco podemos olvidar el efecto de la respiración diafragmática sobre la relajación y su indicación en las patologías psicósomáticas.

b- Escalenos

Los escalenos van desde las apófisis transversas de las cinco últimas vértebras cervicales hasta las caras superiores de las dos primeras costillas. Su contracción produce una expansión de la parte superior de la caja torácica con elevación de las primeras costillas y del esternón que se traduce en un aumento del diámetro sagital del tórax.

Diversos estudios demuestran que la contracción de los escalenos se efectúa durante toda la respiración por este motivo podemos considerar los escalenos como inspiradores principales y no accesorios como se pensaba hasta ahora. (Epstein 1994)

c- Intercostales externos y paraesternales

Los intercostales externos y paraesternales son músculos inspiratorios principales; estabilizan la caja torácica superior y su contracción permite también elevar las primeras costillas y ensanchar la parilla costal superior. (Epstein 1994)

d- Inspiratorios accesorios o complementarios

Esternocleidomastoideos, pectoral mayor y menor, trapecio superior, serrato mayor, y dorsal ancho, tienen inserciones torácicas y extratorácicas. Cuando su porción extratorácica está fijada, estos músculos actúan como movilizadores sobre la parte superior de la parilla costal y el esternón.

e- Abdominales

Los abdominales y el triangular del esternón constituyen los músculos espiratorios. Los abdominales forman la pared anterolateral del abdomen, son músculos espiratorios principales. Su contracción hace descender las costillas bajas, aumenta la presión abdominal e impulsa las vísceras hacia arriba.

Si la espiración de reposo es un fenómeno pasivo, al solicitar una espiración importante, los abdominales se contraen, empezando con la contracción del transverso.

Los abdominales tienen un papel preponderante en el buen funcionamiento del trabajo diafragmático cuando nos encontramos de pie o sentados.

F- Músculo triangular del esternón

Su inserción en la cara posterior del esternón se dirige hacia arriba y hacia fuera para acabar sobre los cartílagos de las costillas segunda a séptima; es un músculo espiratorio accesorio que actúa cuando se habla o se tose. (Willput 2000)

1.3.8-Función de los músculos respiratorios

La función de los músculos respiratorios es la de realizar la acción de bomba ventilatoria, de modo que el trabajo de estos músculos sea capaz de superar las cargas elásticas y resistencias del aparato respiratorio durante la inspiración, pudiendo, por tanto, desplazar una cantidad de volumen suficiente para inflar, expandir, el pulmón. De los músculos que forman la bomba ventilatoria, el principal es el diafragma, que cumple su función al desplazar volumen e inflar el pulmón durante la inspiración. Cuando se contrae, debido al acortamiento de sus fibras, produce una disminución de la zona de aposición diafragmática con un descenso relativo de la cúpula respecto a sus inserciones costales, disminuyendo la zona de aposición aproximadamente 1,5 cm. durante una respiración a volumen corriente.

Este aumento de tensión es aplicado principalmente sobre el tendón central. El movimiento diafragmático, que se asemeja a un pistón con desplazamiento hacia abajo de la cúpula debido a un acortamiento de las fibras de la zona en la aposición, es el responsable del desplazamiento de volumen realizado por el diafragma durante la inspiración. (Gonzalez 2007)

Este descenso produce un aumento del diámetro de la caja torácica con desplazamiento caudal de las estructuras abdominales y con aumento de la presión a dicho nivel.

La acción que se produce sobre la cavidad pleural es la de generar una presión pleural negativa, mecanismo que, asimismo, favorece el aumento de volumen inspirado. El aumento de la presión abdominal originada por el descenso en sentido caudal de la cúpula diafragmática hace que dicha presión se transmita a la caja torácica inferior desplazándola en sentido inspiratorio.

La acción del diafragma sobre la caja torácica tiene dos componentes. Así, al presentar el diafragma una zona de aposición, directamente posicionada sobre la caja torácica, como se ha comentado previamente, al inspirar existe un aumento de la presión abdominal que expande la caja torácica inferior; esta expansión dependerá directamente del tamaño de la zona de aposición y del aumento de la presión abdominal.

De ahí la importancia que presenta el tamaño de dicha zona de aposición, ya que en determinadas situaciones clínicas, como cuando existe hiperinsuflación, dicha zona de

aposición diafragmática disminuye, originando que la inserción de las fibras diafragmáticas se haga perpendicular durante la inspiración produciendo el llamado signo de Hoover. Este consiste en un movimiento paradójico de la caja torácica inferior con un desplazamiento interno durante la inspiración. Si esta zona de aposición disminuye, se produce un descenso en la efectividad del diafragma para expandir la caja torácica inferior.

El segundo componente de la acción inspiratoria diafragmática es el llamado componente insercional. Durante la inspiración existe una contracción y acortamiento de las fibras diafragmáticas que generará una fuerza que deberá orientarse cranealmente para conseguir el descenso de la cúpula diafragmática. Esto se conseguirá por la acción que las masas abdominales ofrecen en oposición al descenso de la cúpula diafragmática y que evitará que dicha cúpula descienda excesivamente y que, consecuentemente, las fibras contraídas tomen un sentido transversal. El sentido craneal de las fibras diafragmáticas contraídas hará que las costillas inferiores roten en sentido externo, aumentando el diámetro de la caja torácica y favoreciendo el desplazamiento de volumen.

Esta especial configuración diafragmática hace posible el desplazamiento de volumen cuando el diafragma se contrae; el acortamiento es del 40% entre el volumen residual y la capacidad residual funcional (Enright 2006).

Se ha calculado en un 8% el acortamiento del diafragma durante la respiración a volumen corriente, y se sabe que el 65-70% del volumen corriente en humanos es secundario al acortamiento diafragmático, proporción que varía en otras especies animales, siendo el diafragma en perros el responsable únicamente del 50% del volumen movilizado durante la respiración a volumen corriente.

Se conoce también que en el ser humano, respirando a volumen corriente, si no existe expansión de la caja torácica inferior entre el volumen residual (VR) y capacidad residual funcional (CRF), el volumen decrece únicamente un 6%, siendo dicho descenso del 12% si dicha expansión no se produce entre CRF y la capacidad pulmonar total (TLC).

Respecto a la función del resto de los músculos respiratorios que acompañan al diafragma durante la respiración, nos vamos a referir a la función de los intercostales y de los abdominales. La acción de los músculos intercostales ha sido motivo de controversia.

Hoy se acepta (De Troyer 1985) la importante contribución de los intercostales internos (paraesternales) en la inspiración, habiéndose demostrado su activación de manera invariable (De Troyer 1980) (Cala 1992) durante la inspiración, con una acción no sólo como simples fijadores de las costillas sino como agonistas de la inspiración; los seres humanos no pueden respirar sin contraer dichos paraesternales, incluso cuando respiran con el diafragma únicamente. Cuando los músculos intercostales se encuentran inhibidos (p. ej., durante la fase REM), la caja torácica superior presenta un movimiento paradójico durante la inspiración.

En estudios animales se sabe que la estimulación selectiva de dichos músculos eleva las costillas con incrementos significativos en el volumen pulmonar. La acción de estos músculos, así como la de los músculos del cuello, esternocleidomastoideo y triangular esternal, tienen una acción en la movilización de volumen de manera más evidente en niveles superiores a la CRF. (Fig.1.17)

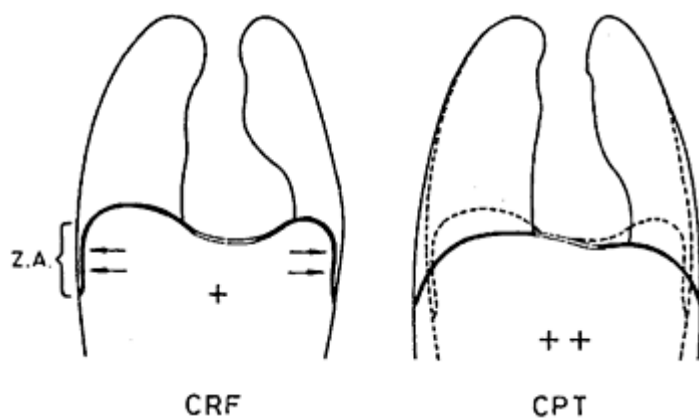


Figura 1.17 Mecánica de la contracción del diafragma.

Al nivel de CRF una parte importante del diafragma esta en contacto directo con la pared costal, formando la zona de aposición (Z.A) La contracción del diafragma incrementa el tamaño del tórax aumentando su diámetro vertical al descender el abdomen. El aumento de los diámetros anteroposterior y lateral se debe a la transmisión de la presión positiva abdominal a la caja torácica a través de aposición y elevación de las costillas inferiores con un movimiento en asa de balde.

Músculos espiratorios

Los músculos abdominales, sobre todo aquellos que forman la pared ventrolateral del abdomen, poseen un papel importante en la respiración. Estos músculos poseen su función óptima a niveles altos de volumen pulmonar cercanos a TLC (Sharp 1985).

Estos músculos poseen una importante actividad tanto en la inspiración como en la espiración, aunque tradicionalmente se han considerado como músculos espiratorios. Su contracción aumenta la presión abdominal, produciendo un movimiento hacia arriba del diafragma con descenso del volumen pulmonar, lo que significa una acción espiratoria.

La función inspiratoria de los músculos abdominales se observa, sobre todo, en posición erecta, donde ayudan al diafragma cuando se contraen, haciendo que la acción tipo pistón del diafragma sea efectiva y se pueda realizar una mayor inspiración, contrayéndose durante la espiración y forzando al diafragma a desplazarse cranealmente. Esta acción nos lleva a considerar dichos músculos abdominales como músculos inspiratorios accesorios.

La espiración, tanto en sujetos normales como en pacientes con EPOC, a diferencia de la inspiración, es un proceso pasivo que depende de las propiedades elásticas del sistema respiratorio. De los músculos abdominales es el transversos el primero en activarse (De Troyer 1980). En situaciones como el ejercicio este proceso se puede activar (Dempsey 1990), con el fin de acortar la espiración y aumentar la ventilación.

La actividad de los músculos espiratorios en pacientes con EPOC, durante la respiración a volumen corriente, es controvertida. Estudios que han utilizado electromiografía (Morris 1990), concluían que no existían datos de dicha actividad, aunque Ortega F. y col. que han utilizado asimismo, electromiografía (Ortega 1996), o medidas como la presión abdominal o los movimientos abdominales, sugieren que dicha actividad sí existe.

En estos pacientes, la contracción de los músculos espiratorios no tendría como fin aumentar la ventilación pulmonar (Hyatt 1986), ya que al presentar limitación al flujo espiratorio este incremento sería mínimo, utilizando el aumento obtenido al contraer los músculos espiratorios para aumentar el volumen pulmonar y, por consiguiente, la retracción elástica, obteniendo un aumento del diámetro de las vías aéreas (Pride 1986).

Clásicamente se ha considerado que los músculos espiratorios ayudarían a conseguir un aumento del diámetro del diafragma con mejor relación longitud-fuerza y, por consiguiente, una mejor acción inspiratoria.

Estudios realizados, tanto en animales (Leevers 1989) como en humanos (pacientes con EPOC) (DeTroyer 1989), ha demostrado una actividad principalmente del músculo transverso en respiración a volumen corriente (Ninane 1992).

Trabajos clínicos (Martinez 1990) han demostrado que en pacientes con EPOC, cuando mayor obstrucción existe se observa un mayor reclutamiento de los diferentes grupos musculares, descendiendo la actividad del resto de los músculos respiratorios y espiratorios.

Propiedades estructurales de los músculos respiratorios

Los músculos respiratorios, diafragma y accesorios, se pueden considerar como músculos esqueléticos desde un punto de vista embriológico, morfológico y funcional. Los músculos respiratorios tienen como objetivo, al igual que los esqueléticos, generar fuerza, pero presentan algunas diferencias significativas respecto a aquéllos.

Los músculos respiratorios están diseñados para funcionar de una manera continua sin interrupciones, situación que no se da en el resto de los músculos esqueléticos. Otra diferencia significativa es su atípica situación funcional de reposo, que estará influenciada por diversas fuerzas que funcionan de una manera dinámica, como son las fuerzas generadas por el pulmón y la caja torácica.

Estas características harán que las funciones de los músculos respiratorios sean diferentes con la finalidad de hacer que sean resistentes a la fatiga, ya que deberán permanecer trabajando de manera ininterrumpida. Son músculos con una alta capacidad oxidativa y alta densidad capilar que posibilitan el mantenimiento de un alto flujo si la situación funcional lo requiere.

Características estructurales

El estudio de las características estructurales de los músculos respiratorios se ha realizado en función de los tipos de fibras que presentan, lo que hará que cada músculo tenga diferentes propiedades contráctiles. De la inicial clasificación realizada por Needham en 1926, que dividía las fibras musculares en rojas, intermedias y blancas, hoy día, y aceptando que se

trata de una simplificación tal vez excesiva, se clasifican las fibras según dos conceptos: *a)* análisis histoquímico según la diferente ATPasa a distintos pH, clasificándose en fibras tipo I, IIa y IIb; y *b)* según la actividad contráctil que presenten, clasificándose en fibras de acción lenta que presentan gran poder oxidativo, fibras fatiga-resistentes oxidativas glucolíticas y fibras rápidas de gran poder glucolítico.

Estas diferencias en el funcionalismo de las fibras que forman los músculos respiratorios hacen que las diferentes especies presenten distinta proporción de cada una de estas fibras, según su actividad habitual. Así, los mamíferos de pequeño tamaño, que habitualmente presentan altas frecuencias respiratorias, presentarán una proporción alta de fibras de contracción rápida, fibras IIB, a diferencia de otras especies con baja frecuencia respiratoria y baja actividad metabólica que presentarán mayor proporción de fibras I y IIA, es decir, de contracción lenta.

La proporción de fibras en otros músculos respiratorios difiere respecto del diafragma. Así, en relación al porcentaje de fibras I, esta proporción varía, presentando los intercostales un porcentaje del 46-66%, los escalenos, 60-65%, y los abdominales, 30-66%(Levine 1997).

La diferente proporción de las fibras está sujeta a distintos factores; así, factores como la nutrición, edad, entrenamiento o las cargas crónicas producen fenómenos de adaptación con mejoría o empeoramiento de las capacidades oxidativas dependiendo del estímulo.

Si existe un aumento de las fibras I aumenta la resistencia del músculo observándose un descenso en el caso contrario. Lo mismo que otros músculos esqueléticos, las fibras musculares se componen de diferentes tipos de proteínas contráctiles, las miosinas, que según su actividad miosin-ATPasa determinará su funcionalismo como fibras rápidas o lentas. La molécula de miosina consta de dos cadenas pesadas y dos ligeras que, junto con la actividad de la ATPasa, determinarán las características funcionales de la fibra. Tanto las cadenas ligeras como las pesadas podrán presentar diferentes isoformas en cada músculo.

Se conoce que el gen correspondiente a la MyHC lenta de la cadena pesada se encuentra localizado en el cromosoma 14. En general, se cree que los genes codificadores de las cadenas ligeras se expresan por defecto, a diferencia de las pesadas que se expresan en respuesta a una carga.

Este hecho podría justificar los cambios en la expresión genética del diafragma tras estar sometido a respiración contra resistencias (Levine 1997).

Esta necesidad en la diferenciación histoquímica y ultraestructural de los músculos respiratorios se explica por las diferentes funciones que dichos músculos realizan; así, mantener la respiración en reposo de una manera continua justifica la alta proporción de fibras fatiga-resistentes tipo I y IIA. Un porcentaje intermedio de fibras IIA hará posible mantener frecuencias respiratorias elevadas durante el ejercicio, y la alta proporción de fibras de contracción rápidas poco resistentes a la fatiga se justificará en acciones como la tos y el ronquido (Sieck 1987).

Coordinación entre los diferentes músculos respiratorios

Los músculos que se encuentran en el tórax constituyen un conjunto mecánicamente muy complejo que realiza diferentes funciones, siendo la principal la respiración. Para realizar estas funciones, los músculos deben trabajar de una manera coordinada para que dicha actuación sea lo más efectiva posible.

Es importante señalar que los músculos respiratorios tienen otras funciones además de la respiración; así, los intercostales poseen una importante acción postural. La activación de los músculos respiratorios puede ser tanto automática, desde los centros respiratorios situados en la médula, como voluntaria, procedente de la corteza cerebral.

Siendo la respiración la función principal de los músculos respiratorios, es fundamental una correcta coordinación entre ellos. Si el diafragma se contrae en solitario producirá un movimiento paradójico interno de la caja torácica, con lo que movilizará un volumen de aire inferior. Del mismo modo, la contracción en solitario de los músculos de la caja torácica producirá un movimiento paradójico de la pared abdominal. Esta coordinación entre los diferentes músculos respiratorios deberá poseer una secuencia y un tiempo de activación.

Durante una respiración a volumen corriente, tanto el diafragma como los músculos respiratorios se acortan; sin embargo, en maniobras espiratorias estáticas, respiración frente a una vía aérea cerrada, si uno de los músculos se contrae demasiado, el resto deberá relajarse de manera que se prevenga el daño al sistema (Macklem 1983).

Esta secuencia en la activación no se da únicamente entre diferentes músculos respiratorios, sino que también se observa dentro de los componentes de un único grupo muscular. Así, la función de los intercostales variará dependiendo tanto de su función respiratoria como de la orientación espacial que presenten en cada momento (Martínez 1991). Como factores que influyen en dicha orientación existen dos principales, como son los cambios posturales y la duración en la intensidad de la contracción de dichos músculos.

La estimulación de la parte costal produce un aumento del diámetro de la caja torácica con elevación de las costillas y desplazamiento hacia fuera de la pared abdominal, a diferencia de la activación de la parte crural que no poseerá ninguna acción sobre la caja torácica.

Las dos partes del diafragma funcionan mecánicamente en paralelo, por lo que la fuerza total que generan cuando se contraen es la suma de cada una de dichas partes, ya que cuando los músculos se encuentran en situación paralela las fuerzas son aditivas. Si la parte costal se contrae en solitario, se produce un incremento del volumen pulmonar con aumento del tamaño de la caja torácica y desplazamiento abdominal hacia fuera.

La contracción en solitario de la parte crural desplazará la pared abdominal hacia fuera con aumento del volumen pulmonar, pero sin acción directa sobre la caja torácica. De manera similar, la parte costal y los músculos intercostales se encuentran en paralelo, con lo que el acortamiento de uno de ellos consigue el acortamiento del otro grupo, haciendo que la fuerza generada sea sumativa, aunque el volumen desplazado no lo sea. (Criner 1988).

Este funcionamiento en paralelo entre el diafragma y los músculos intercostales se verá afectado en situaciones clínicas como es la hiperinsuflación. A niveles altos de volumen pulmonar cercanos a TLC, la orientación de las fibras del diafragma será perpendicular a la caja torácica lo que producirá una pérdida de la zona de aposición del diafragma, produciéndose un movimiento hacia dentro de la caja torácica cuando el diafragma se contrae.

Esta orientación en serie, a diferencia de la situación fisiológica de paralelo, origina que la suma de presiones no sea aditiva. La expresión clínica de esta situación en pacientes con severa hiperinsuflación será el movimiento paradójico de la caja torácica durante la inspiración, signo de Hoover.

La hiperinsuflación, asimismo, modificará las relaciones longitud-tensión del diafragma, haciendo que la fuerza generada por el diafragma al perder su longitud óptima

descienda. Braun calculo en un 40% el cambio de longitud del diafragma en su expansión desde volumen residual a TLC, lo que hace que la reducción en la longitud pasiva del diafragma tenga repercusión en la fuerza generada.

Esto se refleja en un descenso de valores absolutos de parámetros como la P_{di} o $P_{i_{máx}}$ en pacientes con obstrucción crónica al flujo aéreo con hiperinsuflación crónica importante, aunque dicho valor se normalizará en relación al volumen en el que dichas presiones son medidas. En pacientes con EPOC con importante hiperinsuflación se observa un empleo de los músculos accesorios.

Se ha observado descoordinación entre músculos respiratorios y no respiratorios en acciones como la elevación de los miembros superiores, donde se observa un aumento de la disnea y de las necesidades metabólicas (Martínez 1991) (Galdiz 1995). Por otro lado, la coordinación entre diferentes grupos musculares se ha observado entre el diafragma y los músculos accesorios, apreciándose una respiración alternante que previene la fatiga de los diferentes grupos musculares, si éstos trabajaran de manera aislada (Gladis 1995) (Williams 1992).

Funcionamiento del diafragma

Las células musculares contienen tres sistemas subcelulares que forman la base de su expresión fisiológica y definen las propiedades contráctiles, resistencia a la fatiga y eficacia energética. Estos sistemas se encuentran en permanente adaptación a las demandas fisiológicas. Así, hoy día se acepta que la adaptación lleva consigo (p. ej., en las fibras II, que son pobres en concentración mitocondrial) un aumento de dicho contenido, con una estrategia que consiste en la replicación de estas unidades mitocondriales.

Esto hace que exista un aumento del flujo con un resultado funcional que será la resistencia a la fatiga durante situaciones que impliquen un trabajo respiratorio aumentado durante un período largo de tiempo, como son las situaciones clínicas que impliquen un aumento de la ventilación.

Desde un punto de vista fisiológico, la definición de adaptación de un músculo esquelético sería "la modificación de las propiedades morfológicas, metabólicas o moleculares que pueden alterar las propiedades funcionales de las fibras de una unidad motora específica" (Williams 1992).

Cada persona posee un nivel concreto de actividad física en términos de la intensidad y frecuencia en que los músculos son requeridos. Los músculos respiratorios sufrirán procesos adaptativos en relación con cambios en la frecuencia e intensidad de la ventilación, por ejemplo.

Las respuestas y adaptación, de los músculos esqueléticos, en general, y respiratorios, en particular, podrán ser divididas en dos grandes grupos según su etiología:

- a) fenómenos adaptativos tras un programa de entrenamiento,
- b) cambios producidos en el curso de una enfermedad pulmonar, aguda o crónica.

Cambios adaptativos tras un programa de entrenamiento

Según Faulkner 1993, los principios que deben tenerse en cuenta al diseñar un programa de entrenamiento serán tres:

1. Principio de sobrecarga. Su objetivo sería conseguir que las fibras musculares aumenten su estructura y capacidad funcional. El sistema debe ser entrenado con cargas más allá de un nivel crítico.
2. Principio de especificidad. El estímulo debe ser específico, de manera que consiga una alteración tanto estructural como funcional.
3. Principio de reversibilidad. El efecto de condicionamiento debe ser reversible, transitorio, de manera que una vez suspendido el estímulo, los cambios adaptativos regresen a su estado inicial.

Refiriéndonos a las adaptaciones sufridas por los músculos esqueléticos tras un programa de entrenamiento, estos programas pueden ir orientados a dos aspectos diferentes:

- a) mejoría de la resistencia,
- b) mejoría de la fuerza.

Los programas de resistencia consistirán en repetición de contracciones de baja carga y alta intensidad, a diferencia de los programas orientados a mejorar la fuerza muscular, que consistirán en el manejo de contracciones de cargas altas con baja frecuencia. En ambos casos,

para la consecución de una respuesta adaptativa muscular, la intensidad debe de ser grande, de forma que pueda cumplir con el principio de sobrecarga.

En el caso de los programas de resistencia, los músculos conseguirán aumentar su capacidad de fuerza y potencia. Estructuralmente, los músculos esqueléticos conseguirán incrementar su capacidad oxidativa, con aumento del flujo sanguíneo y un cambio de la proporción de fibras tipo IIB a IIA. Asimismo, existe un aumento en la efectividad de la síntesis y almacenamiento del glucógeno, aumentando su contenido.

En relación a la influencia de estos programas sobre la conversión de isoformas de miosinas de rápidas a lentas, los datos no son concluyentes. Así, Golnick no observó cambios entre corredores de maratón y sujetos normales, a pesar de la gran diferencia de la composición de sus fibras (80-90% fibras I de los maratonianos respecto a un 50% en los sujetos controles).

No está suficientemente demostrado si aumentos en la resistencia se relacionan con aumentos en marcas, referido a grupos de deportistas. Faulkner, estudiando grupos de ciclistas y tras someterlos a un entrenamiento de 4 semanas con hiperventilación isocápnic, conseguía aumento en dicha resistencia sin variación en los registros.

Tras un período de entrenamiento, existe un aumento de la capacidad oxidativa y un aumento de enzimas, aunque en trabajos realizados en animales (ratas) este aumento no era constante en todos los músculos respiratorios; así, se evidenciaba un aumento de dichas enzimas en la parte costal diafragmática y en los intercostales, sin cambios en la región crural. No está claro si estas diferencias se deben a un estímulo no apropiado o a una falta de plasticidad de las fibras en dicho músculo.

No existe hoy día acuerdo (Powers 1996) sobre la manera en que un entrenamiento muscular específico respiratorio puede mejorar la capacidad de resistencia de manera global de los músculos respiratorios y periféricos.

Aunque algunos autores han demostrado que con un entrenamiento específico de los músculos respiratorios se obtienen mejorías generales, otros, en cambio, han observado que los valores de los músculos respiratorios no limitan la tolerancia a niveles altos de ejercicio o que influyan sobre el consumo máximo de oxígeno.

La significación de una debilidad muscular generalizada se asocia a una menor capacidad al ejercicio. Está aún por demostrar, aunque existen trabajos (51-52) que apoyan que un entrenamiento tanto de fuerza como de resistencia podría mejorar dicha capacidad, así como la calidad de vida de estos pacientes.

Existe cada vez mayor evidencia de debilidad muscular en pacientes con EPOC, tanto de los músculos respiratorios como de los periféricos. Esta debilidad puede ser multifactorial (Simpson 1992), pudiendo ser debida a factores como malnutrición, hipoxemia, hipercapnia, tratamiento con esteroides, etc.

La mayoría de los trabajos que han evaluado tanto la función como los cambios tras entrenamiento de los músculos respiratorios han sido estudios clínicos o con variables funcionales. Hoy día, se acepta que se puede obtener tal vez más información sobre los mecanismos implicados utilizando técnicas de biología molecular.

Así, trabajos que han valorado la producción de óxido nítrico, el daño celular por radicales libres o la regularización de la expresión de las cadenas pesadas de la miosina (Clack 1996), están aportando nuevos conocimientos sobre el funcionalismo y adaptación de los músculos respiratorios.

Si extrapolamos estos conocimientos al campo de la rehabilitación, y el entrenamiento, existen datos al respecto de que dicho entrenamiento favorece la expresión de miosinas lentas, que son las responsables de una mayor resistencia de los músculos. Esta adaptación de los músculos ante diferentes cambios ya había sido observada en campos como la medicina deportiva, siendo similares a los observados en músculos esqueléticos sometidos a carga. Todos estos estudios sugieren una posible adaptación fenotípica a diferentes programas, lo cual podría ser de utilidad en pacientes con EPOC.

Los programas orientados a aumentar la fuerza muscular producen cambios estructurales consistentes en un aumento del tamaño de las fibras I y II, con mayor participación de las fibras II en el ejercicio. Este aumento del tamaño de las fibras se consigue por un aumento del número de miofibrillas por fibra. No parece, sin embargo, que este tipo de programas aumente la capacidad oxidativa (Reid 1992), observándose un descenso del número de capilares por mm². Se observa un aumento del 30-40% en la fuerza desarrollada, superior al incremento en el tamaño de las fibras, por lo que parte de esta ganancia es debida a una mejor actuación de dichas fibras. (Boczkowski 1996)

Así como existe un cambio adaptativo muscular a un programa de entrenamiento específico, se observan cambios durante el período de inactivación, habiéndose demostrado que los cambios estructurales y funcionales obtenidos durante los programas de entrenamiento regresaban a su situación inicial en un período de tiempo que podría ser de semanas o meses, dependiendo del tipo de duración de dicho programa de entrenamiento. Además, se observaba una reducción en la masa muscular con descenso en la actividad oxidativa y con incremento de la síntesis de miosinas rápidas y un aumento de la proporción de fibras II.

Un aspecto, aún no suficientemente establecido, es que tras períodos de inactividad se observa un aumento de la sección de las fibras I y su contribución en la contracción diafragmática, lo que apoyaría la mayor resistencia del músculo inactivo a la fatiga. Si aceptamos que en la ventilación se emplean de manera predominante unidades motoras de contracción lenta, se podría concluir que esta inactividad no parece afectar la posibilidad del músculo de generar fuerzas para dicha ventilación. Sólo durante breves y más intensas demandas ventilatorias podría este músculo, en concreto el diafragma, encontrarse comprometido.

1.3.9- Fisiología respiratoria

La función principal del aparato respiratorio es proporcionar oxígeno (O_2) a la sangre arterial y eliminar anhídrido carbónico (CO_2) de la sangre venosa mixta contenida en la arteria pulmonar: es decir, el intercambio de gases. (Reid 1992)

El sistema respiratorio está dividido en una zona respiratoria, que es donde tiene lugar el intercambio de gases entre el aire y la sangre, y una zona de conducción a través de la cual llega el aire, la vía respiratoria, este intercambio tiene lugar a través de la membrana respiratoria, formada por las paredes capilar y alveolar. Las paredes de los alvéolos pulmonares tienen el grosor de una sola capa celular y permiten la difusión rápida de los gases.

Este intercambio se realiza a través de los más de 300 millones de cavidades respiratorias de una superficie de 60 a 80 metros cuadrados y reposa en el funcionamiento integrado de cuatro aspectos funcionales o mecanismos:

a) La Ventilación alveolar (VA): implica la renovación periódica del gas alveolar, para lo cual es necesario que un determinado volumen de aire (volumen corriente) alcance los alvéolos más periféricos a través del árbol traqueobronquial. (Antonello 2001)

b) La Difusión alveolocapilar: implica el movimiento de las moléculas de O_2 y CO_2 entre el gas alveolar y la luz capilar, a través de la membrana alveolocapilar. (Sabry 2005)

c) La Perfusión capilar: requiere el flujo constante de determinado volumen minuto de sangre a través de la circulación capilar pulmonar, y

d) La Relación ventilación/perfusión (V la eficacia del intercambio de gases es máxima cuando dicha relación equivale a la unidad. En otras palabras, cuando la cantidad (L/min) de ventilación que recibe cada unidad es similar a la cantidad de flujo capilar que la perfunde.

Además existen dos componentes adicionales que, aunque no estrictamente pulmonares, influyen de forma notable sobre la respiración, entendida como el conjunto de mecanismos que permiten el intercambio de gases entre una célula viva y su medio ambiente:

e) El Control de la ventilación: adecua la ventilación a las necesidades metabólicas (consumo de O_2 y producción de CO_2).

f) El Sistema de transporte de los gases respiratorios: el oxígeno imprescindible para permitir la respiración celular y consiguiente obtención de energía por la célula. Depende de dos elementos fundamentales, uno transportado (contenido arterial de O_2) y otro transportador (gasto cardíaco). (Antonello 2001) A su vez el CO_2 como producto terminal del metabolismo dependiente igualmente del gasto cardíaco y del metabolismo intermediario.

Control de la ventilación

La misión del aparato respiratorio no es otra que facilitar el intercambio gaseoso, para lo que dispone de una bomba respiratoria a modo de fuelle, capaz de producir movimientos ventilatorios de forma rítmica. El ritmo lo marcan los músculos respiratorios según un programa determinado por el SNC. Como ya se ha comentado, las necesidades de oxígeno y la producción de CO_2 varían según se esté en reposo o haciendo ejercicio. Sin embargo las

presiones parciales de ambos gases respiratorios apenas sufren modificaciones en la sangre arterial, debido al control ejercido por el centro respiratorio sobre la ventilación, haciendo que aumente o disminuya según las necesidades.

Este control es de gran importancia no solo por asegurar el aporte de O_2 que necesitan los tejidos para su metabolismo, sino también porque los cambios en la pCO_2 provoca cambios en el pH sanguíneo que pueden ser incompatibles con la vida. La disociación del ácido carbónico o ácido respiratorio en $HCO_3^- + H^+$ produce una acidificación que estimula el centro respiratorio para aumentar la ventilación y eliminar más CO_2 .

Aunque existe un control consciente de la respiración por parte de la corteza cerebral capaz de modificar el ritmo respiratorio a través de su interacción con los centros respiratorios troncoencefálicos, sin embargo la respiración obedece a un ritmo básico y automático impuesto por un grupo de neuronas del área dorsal del bulbo, cuya descarga se produce en ausencia de estimulación externa y que funcionan como un auténtico marcapasos del ritmo respiratorio. Estas neuronas reciben información de receptores químicos, centrales y periféricos, que sirve para modificar el ritmo básico dependiendo de las necesidades del organismo. Así, la frecuencia e intensidad de la ventilación dependerá del ritmo de descarga de estas neuronas, cuyos efectores son los músculos respiratorios.

Otros grupos de neuronas situados en la región ventral del bulbo y en la protuberancia, realizan también ajustes en la ventilación, al conectar con el área respiratoria dorsal.

Los quimiorreceptores centrales se localizan en el bulbo y son sensibles a los cambios en la pCO_2 de la sangre arterial, cuyo aumento mejora la eliminación de CO_2 al aumentar la ventilación. Este mecanismo es el más importante por su rapidez y sensibilidad.

Los quimiorreceptores periféricos se localizan en la bifurcación de las carótidas y en el cayado de la aorta y son muy sensibles a los cambios en la pO_2 y en menor medida a los cambios en la pCO_2 y al pH de la sangre arterial. El descenso en la pO_2 es registrado por los receptores y enviado al área respiratoria dorsal del bulbo para aumentar la ventilación y la captación de O_2 por los pulmones. (West 2005)

Existen otros receptores que producen reflejos protectores en parénquima pulmonar y vías respiratorias, p.e. mecanorreceptores capaces de recibir información del estiramiento a que se somete la pleura, los bronquios y los alvéolos durante la inspiración, que estimulan también al centro respiratorio para disminuir la frecuencia respiratoria y provocar una espiración prolongada. Es el reflejo de Hering-Breuer. (Treseguerres 2005) (Nunn1999)

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

II Justificación y objetivos

II.1- Justificación

La caja torácica puede ser comparada con un compartimiento deformable constituido por el armazón costal y el sistema muscular. Está formada por 12 pares de costillas que se articulan en la parte posterior con las vértebras. En la parte anterior, las siete primeras se articulan con el esternón. En el interior de la caja torácica se encuentran los pulmones y el mediastino. En este espacio se ubica el corazón, esófago, tráquea, ganglios linfáticos, timo, aorta, venas cava superior e inferior.

La función de los músculos respiratorios es la de realizar la acción de bomba ventilatoria, de modo que el trabajo de estos músculos sea capaz de superar las cargas elásticas y resistencias del aparato respiratorio durante la fase inspiratoria.(Souchard 1980). Varios músculos intervienen en las dos fases de la respiración siendo uno de los más importantes en cuanto a su función el diafragma, cuya contracción en la fase inspiratoria al crear un aumento del volumen global del continente, disminuye la presión alveolar por debajo de la atmosférica, lo que implica el desplazamiento de un volumen de aire hacia los alvéolos. En el curso del ciclo respiratorio espontáneo el volumen movilizado se denomina “Volumen Corriente” (V_t).

Durante la fase espiratoria en reposo, al final de la inspiración, los músculos inspiratorios se relajan haciendo que el aire contenido en los alvéolos solo este sometido a la presión elástica de retracción del pulmón. La espiración de reposo es pues, un fenómeno pasivo de retorno a un estado de equilibrio. La espiración se hace activa para movilizar el volumen de reserva espiratorio (VRE). Así, a la presión elástica de retracción del sistema respiratorio se añade la contracción de los músculos espiratorios. (Sabry 2005)

La ventilación, mediante los movimientos de la cavidad torácica seguidos por los pulmones, produce durante la inspiración un aumento de los diámetros sagital y transversal del tórax, más o menos importante según la cantidad de aire almacenada. Durante la espiración, se produce una disminución de los diámetros del tórax, aumentando la presión del continente por encima de la atmosférica y el aire es expulsado del pulmón. (Valenza Demet 2005).

Por lo tanto, la relación del trabajo muscular y su efecto sobre la caja torácica, capaz de generar cambios de presión entre atmósfera y alveolo de forma alternativa será un aspecto a

valorar en este trabajo, ya que sería posible aumentar o mejorar la función respiratoria a través del trabajo muscular, desde la intervención fisioterapéutica.

Algunos autores como Verges 2007 han aportado información a este respecto sobre la función de los músculos respiratorios, las características de sus fibras musculares según los distintos tipos de programas de entrenamiento. Estos resultados permiten presuponer una modificación en las estimaciones de la eficacia e importancia de la intervención terapéutica en el paciente neumológico, mejorando el pronóstico y el tratamiento a seguir. (Sanchez Riera 2005)(Resqueti 2007)

Por todo ello y en el marco de nuestra actividad como profesores de Grado y Posgrado en Fisioterapia, nos proponemos desarrollar el presente trabajo en el ámbito universitario, con la colaboración de nuestros alumnos como sujetos experimentales de la investigación y como sujetos activos de su propio aprendizaje, para alcanzar los siguientes objetivos:

II.2 Objetivos

◦ **Objetivo general**

- Estudiar la relación de la morfofisiología respiratoria humana con la biomecánica ventilatoria en nuestra muestra.

◦ **Objetivos específicos**

- Analizar los datos antropométricos y su relación con la función respiratoria.
- Estudiar la movilidad torácica y su vinculación con la capacidad respiratoria.
- Determinar la relación entre los datos aportados por la espirometría forzada y la movilidad toraco-abdominal.
- Valorar los ciclos inspiratorio y espiratorio en la dinámica respiratoria.
- Relacionar las pruebas de función respiratoria con los movimientos respiratorios.

III. METODOLOGÍA

III-Metodología

Con el fin de abordar la relación entre las características antropométricas y medida de movilidad toraco-abdominal con las pruebas funcionales respiratorias, se diseñó el presente plan de trabajo.

III-1-Material

- 1-Hoja informática para la recogida de datos
- 2-Cinta métrica inextensible
- 3-Camilla de exploración
- 4-Peso: báscula médica romana, fuerza 200 Kg. exactitud 200 g.
- 5-Tallímetro: estadiometro convencional
- 6-Espirómetro Spirolab II (certificado de conformidad del equipo con el European Safety Standards EN 60601-1). Es un espirómetro de nueva generación que facilita la evaluación total de la función pulmonar. Spirolab realiza FVC, VC, IVC, MVV, pruebas de patrón respiratorio y calcula el índice de aceptabilidad de la prueba (control de calidad de la prueba) y una medición de repetibilidad; también da interpretación funcional con 11 posibles niveles siguiendo la última clasificación de ATS (American Thoracic Society).

Mide y muestra los principales parámetros espirométricos y permite imprimir en segundos todos los datos con las curvas Flujo/volumen y Volumen/tiempo, con su impresora térmica incorporada.



Figura 1.1.8 Espirómetro Spirolab utilizado en la recolección de datos

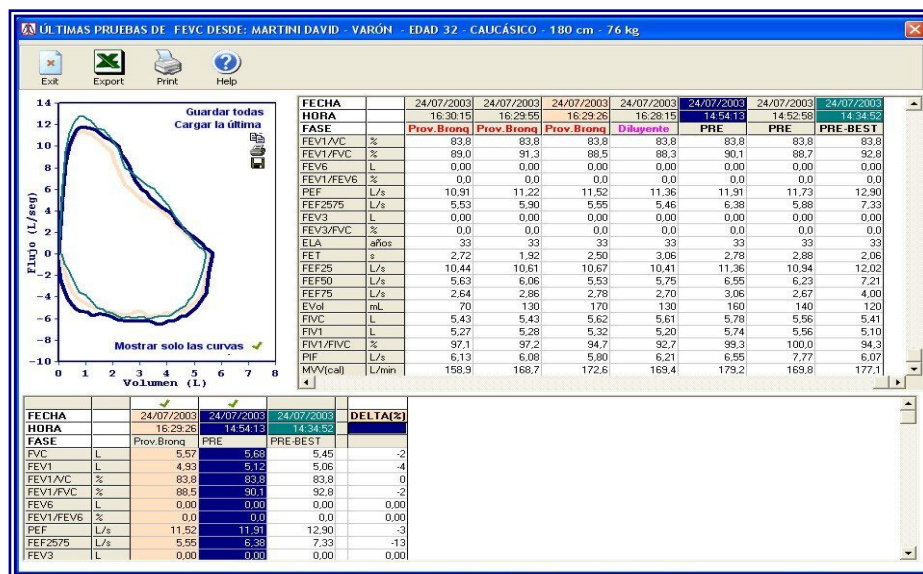


Figura 1.1.9 Espirometría interpretada por el espirómetro Spirolab

III.2- Diseño del estudio

Para atender a los objetivos planteados se ha utilizado un diseño observacional, de corte transversal, con determinaciones antropométricas, funcionales y de movilidad, valorando la distribución de frecuencias de todas las variables de interés implicadas en el estudio, en la muestra global y estratificando por género. Así mismo se ha determinado la asociación de dichas variables, teniendo como variables dependientes las medidas antropométricas por su relación con el género. Las comparaciones se han establecido entre los datos antropométricos, la movilidad de la caja torácica, la movilidad abdominal y la valoración de los ciclos respiratorios, así como los valores correspondientes a la prueba funcional respiratoria.

El periodo de estudio estuvo comprendido desde octubre de 2007 hasta septiembre de 2008.

III.3- Población de estudio

El estudio se ha realizado con sujetos sanos estudiantes de la Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud, hombres y mujeres de grupo mediterráneo en sentido amplio.

La población diana fueron los adultos de la ciudad de Granada menores de 30 años,

La población accesible, estuvo formada por estudiantes de la Escuela de Ciencias de la Salud de la Universidad de Granada sin patología respiratoria diagnosticada y edad inferior a 30 años.

La muestra teórica se reclutó mediante muestreo No probabilístico intencional entre los estudiantes de la titulación de Fisioterapia de la Universidad de Granada durante el curso académico 2007-2008 y estuvo integrada por 210 alumnos.

Fueron incluidos en el estudio todos los alumnos de Fisioterapia que respondieron a los siguientes criterios:

- Edad menores de 30 años
- Alumnos que cumplimentaron el consentimiento informado
- Grupo mediterráneo

Fueron excluidos del estudio:

- Rechazo del alumno a participar en el estudio.
- Alumnos con patología respiratoria.
- Alumnos con patología cardíaca.
- Grupo no mediterráneo.

Tras la aplicación de los criterios de selección y obtención del consentimiento informado, la muestra real quedó integrada por 90 alumnos, 58 mujeres y 32 hombres, con edades comprendidas entre los 18 y los 28 años.

Los alumnos fueron informados tanto de la finalidad del estudio como de las pruebas a realizar, antes de dar su consentimiento por escrito.

III.4-Recogida de información

Todos los sujetos que participaron en el estudio fueron sometidos a una valoración sistemática siguiendo el protocolo de evaluación previamente establecido, para obtener

información de las variables antropométricas, de movilidad toraco-abdominal y funcionalidad espirométrica.

Las medidas de todos los sujetos han sido realizadas por la misma persona, únicamente ha intervenido el investigador del presente trabajo, con objeto de evitar sesgos en las medidas, y muy especialmente en la valoración funcional.

III.5-Procedimiento

- Peso: el peso fue determinado con el sujeto vestido solo con la ropa interior, con una precisión de 0,5 Kg.

- Talla: con el sujeto de espalda a la barra vertical, ambos pies formando un ángulo de 60°, los talones juntos tocando la base de dicha barra vertical, al igual que las escápulas y la cabeza, que se sitúa con la mirada al frente, con una precisión de 0,5 cm.

- IMC (índice de masa corporal): representa la relación entre talla y peso corporal y se calcula a partir de ambos parámetros según la fórmula: peso en kilogramos dividido por la talla en metros elevada al cuadrado, como indicador de adiposidad corporal.

En el siguiente cuadro se recogen los puntos de corte establecidos por la OMS para definir y clasificar a los sujetos según el IMC.

CRITERIOS PARA DEFINIR LA OBESIDAD EN GRADOS, SEGÚN IMC (OMS,1998)	
Valores límites del IMC	
Normopeso	18,5-24,9
Sobrepeso	25-29,9
Obesidad grado I	30-34,9
Obesidad grado II	35-39,9
Obesidad grado III	> 40

- *Medición de la movilidad torácica:*

El instrumento utilizado ha sido una cinta métrica no extensible. La movilidad torácica ha sido estudiada en 3 niveles mediante toracometría o cintometría. Se realizó la perimetría a

nivel axilar que abarca la primera costilla y manubrio esternal, la perimetría a nivel costal medio y esternón, y la perimetría a nivel abdominal tomando como referencia el ombligo (Verges et al 2007). Se realizaron sendos registros en inspiración y espiración máxima. Se tomaron 2 medidas utilizando la media de ambas.

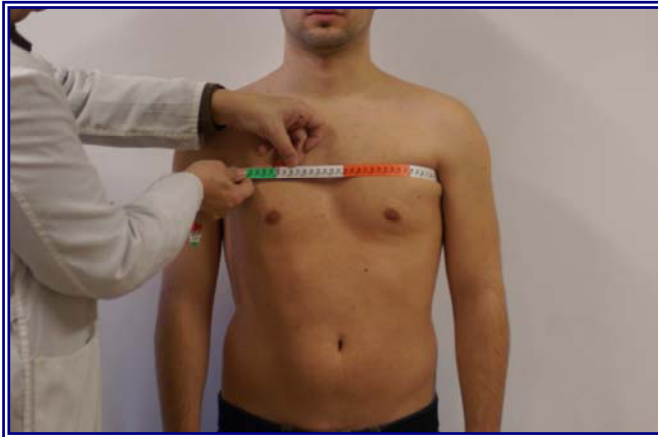


Figura 1.20. Medición de la movilidad a nivel axilar en espiración

Figura 1.21. Medición de la movilidad a nivel xifoideo



Figura 1.22. Medición de la movilidad a nivel abdominal

- *Valoración funcional: Espirometría*

La espirometría forzada es la maniobra que registra el máximo volumen de aire que puede mover un sujeto desde una inspiración máxima hasta una exhalación completa (es decir, hasta que en los pulmones sólo quede el volumen residual).

Al mismo tiempo que se registra el máximo volumen espirado, éste se relaciona con el tiempo que dura la maniobra, con lo que es posible obtener medidas de flujo.

Antes de empezar la exploración se explico a los sujetos la finalidad de la prueba, así como la forma de realización de la misma.

Para analizar los datos de FVC, FEV₁, FEV%, FEF_{25/75}, PEF.

FVC. Es el máximo volumen de aire espirado, con el máximo esfuerzo posible, partiendo de una inspiración máxima.

FEV₁. Es el volumen de aire que se expulsa durante el primer segundo de la espiración forzada.

FEV%. Expresada como porcentaje, indica la proporción de la FVC que se expulsa durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada.

FEF_{25/75}. Es el flujo espirado forzado entre el 25 y 75 % del volumen espiratorio total, que refleja fundamentalmente el estado de las vías aéreas menores. (Figuerola 2004)

PEF. Es el mayor flujo que se alcanza durante una maniobra de espiración forzada, se expresa en litros/minuto.

Las maniobras espirométricas se realizaron de acuerdo con los protocolos de la American Thoracic Society. European Respiratory Society. ATS/ERS Standardization of Lung Function Testing. standardization of spirometry.

Con el sujeto en sedestación y pinza nasal, se realizaron un mínimo de dos espirometrías seleccionando automáticamente el espirómetro la mejor.

En ninguno de los casos se realizo un test de broncodilatación, al no existir patología respiratoria, ya que este era uno de los criterios de exclusión.

- *Valoración de los ciclos inspiratorio y espiratorio*

Tras la valoración de la dinámica respiratoria se realizó la medición de las fases inspiratoria y espiratoria, para estudiar el patrón ventilatorio y localizar la ubicación y el tipo de ventilación que realiza el sujeto.

Se ha distinguido entre respiración abdominal y respiración costal o torácica si bien se pueden encontrar formas mixtas o combinadas de ambos tipos de patrones.

En los adultos jóvenes, la frecuencia media es de 12 a 18 ciclos por minuto en reposo. Durante la actividad física, el mayor requerimiento de oxígeno hace aumentar el ritmo y los volúmenes respiratorios mediante inspiraciones y espiraciones forzadas, de modo que la ventilación pulmonar puede aumentar unas 20 veces desde el estado de reposo hasta el ejercicio de intensidad máxima.

III.6- Variables en estudio

- Variables independientes

Para una mejor comprensión y desarrollo del trabajo en cuanto a la utilización de las variables independientes, se han clasificado en: Variables de sujeto o Sociodemográficas, Variables Antropométricas y Variables de Movilidad Torácica.

Variables de sujeto

Los datos fueron recogidos en una hoja de cálculo para su posterior análisis estadístico. En este grupo de variables se registraron:

- Sexo (hombre, mujer)
- Edad (en relación con la fecha de nacimiento)

El grupo étnico no se incluyó por ser uno de los criterios de selección.

Variables Antropométricas

- Peso, determinado en ropa interior, con una precisión de 0,5 Kg.

- Talla, con una precisión de 0,5 cm. con el sujeto de espalda a la barra vertical, ambos pies formando un ángulo de 60°, los talones juntos tocando la base de dicha barra vertical, al igual que las escapulas y la cabeza, que se sitúa con la mirada al frente.
- IMC: $\text{Peso (kg)} / \text{Talla (m}^2\text{)}$

Variables de Movilidad Torácica

- Medida de la movilidad a nivel axilar (AAX)
- Medida a nivel xifoideo (AXF)
- Medida a nivel abdominal (AAB)

-Variables dependientes.

Variables de capacidad Funcional: Espirometría

- Número de ciclos inspiratorio (N°CI)
- Número de ciclos espiratorios (N°CE)
- Capacidad vital (FVC)
- Volumen espiratorio en 1 minuto (FEV_1)
- Capacidad vital dividida por VEMS (Tiffeneau)
- Afectación de vías finas ($\text{FEF}_{25/75}$)
- Volumen de estudio de la fuerza muscular (PEF)
- %FVC, porcentaje sobre valores normales
- % FEV_1 , porcentaje sobre valores normales
- %Tiffeneau porcentaje sobre valores normales
- % $\text{FEF}_{25/75}$ porcentaje sobre los valores normales
- %PEF porcentaje sobre valores normales

III.7- Análisis Estadístico.

Para llevar a cabo los objetivos del trabajo se realizó un análisis estadístico a partir de la identificación del tipo de variables de estudio que resumiremos a continuación.

Para todas las variables (dependientes e independientes) se llevó a cabo un primer análisis de tipo descriptivo en el que además de la distribución de frecuencias, se calcularon medidas básicas de resumen como la media, mediana, percentiles, rango y desviación típica.

Para comparar las diferentes variables por sexo se llevó a cabo la comparación de medias con muestras independientes por el clásico test de la t-Student, cuando las varianzas eran iguales y empleando la aproximación de Welch cuando las varianzas eran distintas.

El siguiente paso fue el de estudiar de manera bivariante la relación entre cada una de las parejas de variables (dependientes e independientes) empleando el coeficiente de correlación lineal de Pearson previa nube de puntos que asegurara el descarte de la no-linealidad de la respuesta.

En todos los casos se hizo el contraste de hipótesis oportuno para determinar que el coeficiente de correlación era significativamente distinto de cero.

Por último se llevó a cabo un análisis multivariante empleando la regresión lineal múltiple para cada una de las variables de respuesta frente al conjunto de las covariables antes citadas. La construcción del modelo se llevó a cabo empleando un método paso a paso ascendente con probabilidades de inclusión inferiores al 5%. Se pretendía con este procedimiento obtener modelos parsimoniosos y, simultáneamente, controlar el error inherente al gran número de modelos que se estaba ajustando.

Para llevar a cabo el análisis estadístico reseñado, se empleó el programa informático SPSS en su versión 15.0. para Windows.

IV. RESULTADOS

IV-Resultados

IV.I. Introducción

Los resultados del estudio se presentan siguiendo el orden establecido en la metodología para el análisis de datos. Este apartado se inicia con el análisis descriptivo de todas las variables consideradas, es decir, Variables de sujeto o Sociodemográficas, Variables Antropométricas, Variables de Movilidad Torácica y Abdominal y Variables de Capacidad Funcional o Espirométricas, a través de la distribución de frecuencias absolutas (N) y relativas (%), medidas básicas de resumen como media, rango y desviación típica, y comparación de medias según género mediante el estadístico t de Student.

A continuación se presentan los resultados del análisis Bivariante, o relación entre parejas de variables dependientes e independientes, mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson, para todos los sujetos de la muestra y estratificando por género, con objeto de evaluar la magnitud de la asociación entre las variables de capacidad funcional y las variables, de sujeto y de movilidad toraco-abdominal, íntimamente relacionadas desde la perspectiva de la estructura funcional sin patología conocida.

Finalmente se ha utilizado un modelo explicativo de regresión lineal múltiple para las variables de respuesta o dependientes (valoración funcional espirométrica) frente al conjunto de covariables.

IV.II. Análisis Descriptivo

IV.2.1-Distribución de la variable Sexo de la población

GENERO	FRECUENCIA N	PORCENTAJE %
Masculino	32	35,6
Femenino	58	64,4
Total	90	100,0

Tabla 4.1. Frecuencia y porcentaje de los sujetos de la muestra según sexo

IV.2.2- Distribución de la variable Edad de la población

EDAD	GÉNERO	N	MEDIA ± DE	RANGO
	Masculino	32	23,16 ± 5,43	18-30
	Femenino	58	21,16 ± 3,18	18-27
	Total	90	21,87 ± 4,20	18-28

Tabla 4.2 Valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas y Rango de la variable Edad, en la muestra total y diferenciando por sexo.

IV.2.3-Medidas antropométricas de la muestra

VARIABLES	TOTAL (Media ± DT)	HOMBRES (Media ± DT)	MUJERES (Media ± DT)
TALLA cm	170,88 ± 9,16	179,00 ± 7,47	166,40 ± 6,56
PESO Kg	67,18 ± 13,53	77,53 ± 9,79	61,47 ± 11,85
IMC Kg/m ²	22,89 ± 3,62	24,16 ± 2,38	22,18 ± 4,00

Tabla 4.3 Valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas de las variables antropométricas: Talla, Peso, IMC (Kg/m²) en la muestra total y diferenciando por sexo.

IV.2.4-Medidas de Movilidad Torácica y Abdominal de la muestra

VARIABLES	TOTAL (Media \pm DT)	HOMBRES (Media \pm DT)	MUJERES (Media \pm DT)
MEDIDA AXILAR	7,27 \pm 1,86	8,13 \pm 1,96	6,80 \pm 1,63
MEDIDA XIFOIDEA	7,03 \pm 1,78	7,97 \pm 1,82	6,52 \pm 1,55
MEDIDA ABDOMINAL	4,19 \pm 1,80	4,06 \pm 1,50	4,26 \pm 1,96

Tabla 4. 4 Valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas, de las Medidas de Movilidad Torácica y Abdominal en la muestra total y diferenciando por sexo

IV.2.5.-Medidas de Capacidad Funcional: Nº de Ciclos respiratorios por minuto

VARIABLES	TOTAL (Media \pm DT)	HOMBRES (Media \pm DT)	MUJERES (Media \pm DT)
Nº CICLOS INSPIRAT.	11,56 \pm 2,81	11,03 \pm 3,14	11,84 \pm 2,59
Nº CICLOS ESPIRAT.	11,33 \pm 2,76	10,94 \pm 3,18	11,55 \pm 2,50

Tabla 4. 5 Valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas, del nº de ciclos respiratorios por minuto en la muestra total y diferenciando por sexo

IV.2.6.-Medidas de Capacidad Funcional: Espirometría

VARIABLES	TOTAL (Media ± DT)	HOMBRES (Media ± DT)	MUJERES (Media ± DT)
FVC	4,40 ± 1,04	5,45 ± 0,61	3,81 ± 0,73
FEV ₁	3,85 ± 0,90	4,70 ± 0,67	3,37 ± 0,63
FVC/FEV ₁	87,94 ± 7,88	86,39 ± 7,85	88,79 ± 7,84
FEF _{25/75}	4,57 ± 1,50	5,63 ± 1,56	3,99 ± 1,11
PEF	7,17 ± 2,54	9,21 ± 2,45	6,05 ± 1,79

Tabla 4.6 Valores medios con sus desviaciones típicas de los parámetros espirométricos registrados en los sujetos de la muestra y diferenciados por sexo.

IV.2.7- Porcentaje de los diferentes parámetros espirométricos con relación a los valores normales.

VARIABLES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
% FVC	100,14 ± 12,14	103,22 ± 9,61	98,45 ± 13,10
% FEV ₁	102,10 ± 13,99	106,03 ± 12,97	99,93 ± 14,17
% FVC/FEV ₁	105,16 ± 9,59	105,19 ± 10,16	105,14 ± 9,36

Tabla 4.7 Valores medios con sus desviaciones típicas del porcentaje de los valores espirométricos normales, de los sujetos de la muestra y diferenciando por sexo.

IV.III Comparación por género de las variables en estudio (t-student para muestras independientes)

IV.3.1- Comparación de la edad y datos antropométricos entre hombres y mujeres de la muestra

VARIABLES	HOMBRES (Media ± DT)	MUJERES (Media ± DT)	Sig. (Bilateral)
EDAD	23,16 ± 5,43	21,16 ± 3,18	0,06
TALLA cm	179,00 ± 7,47	166,40 ± 6,56	0,001
PESO Kg	77,53 ± 9,79	61,47 ± 11,85	0,001
IMC Kg/m ²	24,16 ± 2,38	22,18 ± 4,00	0,004

Tabla 4.8 Comparación de los valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas, de las variables Edad, Talla, Peso e IMC entre hombres y mujeres de la muestra. Se consideró estadísticamente significativa para valores de $p < 0,05$

IV.3.2- Comparación de las medidas de movilidad toráco-abdominal y nº de ciclos respiratorios/min, entre hombres y mujeres de la muestra

VARIABLES	HOMBRES (Media \pm DT)	MUJERES (Media \pm DT)	Sig. (Bilateral)
MEDIDA AXILAR	8,13 \pm 1,96	6,80 \pm 1,63	0,002
MEDIDA XIFOIDEA	7,97 \pm 1,82	6,52 \pm 1,55	0,001
MEDIDA ABDOMINAL	4,06 \pm 1,50	4,26 \pm 1,96	0,59
Nº CICLOS INSPIRAT.	11,03 \pm 3,14	11,84 \pm 2,59	0,21
Nº CICLOS ESPIRAT.	10,94 \pm 3,18	11,55 \pm 2,50	0,34

Tabla 4.9 Comparación de los valores medios con sus desviaciones típicas de las medidas de movilidad axilar, xifoidea, abdominal y nº de ciclos inspiratorios y espiratorios por minuto entre hombres y mujeres de la muestra, con indicación de la significación estadística.

IV.3.3- Comparación de las medidas de capacidad funcional (parámetros espirométricos) entre hombres y mujeres de la muestra

VARIABLES	HOMBRES (Media ± DT)	MUJERES (Media ± DT)	Sig. (Bilateral)
FVC	5,45 ± 0,61	3,81 ± 0,73	0,001
FEV ₁	4,70 ± 0,67	3,37 ± 0,63	0,001
FVC / FEV ₁	86,39 ± 7,85	88,79 ± 7,84	0,16
FEF _{25/75}	5,63 ± 1,56	3,99 ± 1,11	0,001
PEF	9,21 ± 2,45	6,05 ± 1,79	0,001

Tabla 4.10. Comparación de los valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas de los parámetros antropométricos entre hombres y mujeres de la muestra, con indicación de la significación estadística.

IV. IV Análisis Bivariante

Relación entre parejas de variables dependientes e independientes mediante el Coeficiente de Correlación lineal de Pearson, en la muestra total

IV.4.1 Relación entre los valores antropométricos y los ciclos respiratorios

Correlación de PEARSON N = 90	EDAD	TALLA	PESO	IMC
NUMERO DE CICLOS INSPIRATORIOS / min Sig. (bilateral)	-,286(**) ,006	-,048 ,657	-,176 ,098	-,192 ,070
NUMERO DE CICLOS ESPIRATORIOS /min Sig. (bilateral)	-,258(*) ,014	-,022 ,838	-,187 ,078	-,234(*) ,027

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 4.11 Correlación entre los valores antropométricos y los ciclos respiratorios

IV.4.2-Relación de los valores antropométricos y la movilidad toraco-abdominal

Correlación de PEARSON (N = 90)	EDAD	TALLA	PESO	IMC
MEDIDA AXILAR Sig. (bilateral)	,170 ,110	,323(**) ,002	,145 ,173	-,042 ,697
MEDIDA XIFOIDEA Sig. (bilateral)	-,034 ,752	,272(**) ,009	-,046 ,669	-,256(*) ,015
MEDIDA ABDOMINAL Sig. (bilateral)	,122 ,253	-,048 ,652	,145 ,172	,219(*) ,038

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 4.12 Correlación de la edad y valores antropométricos y movilidad toraco abdominal

IV.4.3-Relación de los valores antropométricos y espirométricos

Correlación de Pearson N = 90	EDAD	TALLA	PESO	IMC
FVC	,174	,799(**)	,699(**)	,332(**)
Sig. (bilateral)	,102	,001	,001	,001
FEV₁	,130	,740(**)	,632(**)	,284(**)
Sig. (bilateral)	,222	,001	,001	,007
FVC / FEV₁	-,121	-,188	-,196	-,127
Sig. (bilateral)	,257	,076	,064	,234
FEF_{25/75}	,152	,499(**)	,448(**)	,220(*)
Sig. (bilateral)	,153	,001	,001	,038
PEF	,201	,585(**)	,576(**)	,314(**)
Sig. (bilateral)	,057	,001	,001	,003

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 4.13 Correlación de los datos antropométricos y los valores espirométricos

IV.4.4-Relación de las medidas de movilidad toraco- abdominal con los valores espirométricos

Correlación de Pearson (N = 90)	FVC	FEV ₁	FVC / FEV ₁	FEF _{25/75}	PEF
MEDIDA AXILAR	,376(**)	,412(**)	,035	,246(*)	,278(**)
Sig. (bilateral)	,001	,001	,741	,019	,008
MEDIDA XIFOIDEA	,274(**)	,331(**)	,095	,263(*)	,214(*)
Sig. (bilateral)	,009	,001	,374	,012	,043
MEDIDA ABDOMINAL	,089	,055	-,110	,027	,135
Sig. (bilateral)	,404	,605	,303	,803	,206

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 4.14 Correlación de los valores espirométricos con las medidas de movilidad toraco abdominal

IV. 4 Análisis multivariante

Análisis de regresión lineal múltiple para las variables de respuesta controlando por el resto de las covariables

Para valorar los efectos de las variables de sujeto y de movilidad toraco-abdominal (variables predictoras) sobre la función respiratoria (parámetros espirométricos) como variable dependiente, se han introducido los datos de las variables predictoras en un primer modelo, utilizando el método backward stepwise.

Mediante la estrategia establecida de asociaciones entre las variables de función respiratoria y las variables de sujeto y de movilidad toraco-abdominal, hemos elaborado tres modelos explicativos de regresión lineal. Los Coeficientes de determinación R^2 y R^2 corregido, indican el porcentaje de la varianza para la variable dependiente, explicado por todas las variables predictoras presentes en el modelo y tras excluir las no significativas, respectivamente.

En el primer modelo se han introducido todas las variables predictoras (de sujeto y de movilidad torácica y abdominal) contra los parámetros de capacidad funcional como variables dependientes (Nº de ciclos respiratorios, Capacidad Vital (FVC), Volumen Espiratorio Máximo en 1 segundo, Capacidad Vital / Volumen Espiratorio Máximo en 1 segundo, Afectación de Vías Finas y Volumen de Estudio de la Fuerza.

A continuación se introdujeron en el modelo solo las variables predictoras que se asociaron significativamente con la capacidad funcional, considerando como parámetros espirométricos de capacidad funcional: la Capacidad vital (FVC), Volumen espiratorio máximo en 1 seg. (FEV_1).

FVC / FEV_1 , Afectación de vías finas ($FEF_{25/75}$), Volumen de estudio de la fuerza muscular (PEF)

IV.4.1 MODELO 1

Variable dependiente: N° de Ciclos Inspiratorios

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coefficientes (b)	Error típ.	t	Sig.
(Constante)	13,769	38,119	,361	,719
EDAD	-,157	,076	-2,065	,042
SEXO	,189	,935	,203	,840
TALLA	,031	,225	,138	,891
PESO	-,022	,273	-,079	,937
MED. AX	-,004	,184	-,022	,983
MED. XF	-,202	,207	-,976	,332
MED. AB	-,137	,169	-,810	,420

Tabla 4.15 numero de ciclos inspiratorios

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,343(a)	,118	,031	2,76

IV.4.2 MODELO 1

Variable dependiente: **Nº de Ciclos Espiratorios**

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coeficientes (b)	Error típ.	t	Sig.
(Constante)	39,506	37,558	1,052	,296
EDAD	-,132	,075	-1,756	,083
SEXO	,018	,921	,019	,985
TALLA	-,119	,222	-,538	,592
PESO	,169	,269	,629	,531
MED. AX	-,054	,181	-,297	,767
MED. XF	-,163	,204	-,799	,427
MED. AB	-,063	,166	-,381	,704

Tabla 4.16 nº Ciclos espiratorios

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,336(a)	,113	,025	2,72

IV.4.3 MODELO 1

Variable dependiente: **Capacidad vital del sujeto (FVC)**

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coefficientes (b)	Error tip.	t	Sig.
(Constante)	-4,109	1,690	-2,432	,017
EDAD	-,008	,014	-,593	,555
SEXO	-,700	,175	-3,990	,000
TALLA	,046	,009	4,891	,000
PESO	,018	,006	2,833	,006
MED. AX	,059	,035	1,695	,094
MED. XF	,005	,039	,141	,888
MED. AB	,057	,032	1,796	,076

Tabla 4.17 Capacidad vital del sujeto

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error tip. de la estimación
1	,879(a)	,773	,754	,51

IV.4.4 MODELO 1

Variable dependiente: **Volumen Espiratorio Máximo en un segundo**

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coefficientes (b)	Error tip.	t	Sig.
(Constante)	-2,716	1,733	-1,567	,121
EDAD	-,014	,015	-,990	,325
SEXO	-,525	,180	-2,919	,005
TALLA	,033	,010	3,408	,001
PESO	,017	,007	2,549	,013
MED. AX	,074	,035	2,074	,041
MED. XF	,041	,040	1,016	,313
MED. AB	,034	,033	1,036	,303

Tabla 4.18 Volumen espiratorio en 1 segundo

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error tip. de la estimación
1	,827(a)	,683	,656	,53

IV.4.5 MODELO 1

Variable dependiente: **Capacidad Vital / Volumen Espiratorio Máximo en un segundo**

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coefficientes (b)	Error tip.	t	Sig.
(Constante)	112,797	25,548	4,415	,000
EDAD	-,157	,216	-,728	,469
SEXO	1,561	2,652	,589	,558
TALLA	-,175	,143	-1,220	,226
PESO	,014	,096	,149	,882
MED. AX	,341	,522	,652	,516
MED. XF	,625	,589	1,062	,292
MED. AB	-,459	,479	-,958	,341

Tabla 4.19 Capacidad vital/Volumen espiratorio máximo en un segundo

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error tip. de la estimación
1	,292(a)	,085	,007	7,85

IV.4.6 MODELO 1

Variable dependiente: **Afectación de Vías Finas**

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coefficientes (b)	Error tip.	t	Sig.
(Constante)	-1,708	4,149	-,412	,682
EDAD	,008	,035	,238	,812
SEXO	-,751	,431	-1,745	,085
TALLA	,029	,023	1,249	,215
PESO	,021	,016	1,340	,184
MED. AX	,018	,085	,214	,831
MED. XF	,103	,096	1,081	,283
MED. AB	,023	,078	,300	,765

4.20 Afectación de vías finas

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error tip. de la estimación
1	,583(a)	,340	,284	1,27648

IV.4.7 MODELO 1

Variable dependiente: **Volumen de Estudio de la Fuerza**

Variables Predictoras	MODELO 1			
	Coefficientes (b)	Error típ.	t	Sig.
(Constante)	-5,527	6,207	-,890	,376
EDAD	,013	,052	,256	,798
SEXO	-1,500	,644	-2,327	,022
TALLA	,059	,035	1,688	,095
PESO	,046	,023	1,970	,052
MED. AX	,076	,127	,601	,549
MED. XF	,061	,143	,427	,671
MED. AB	,177	,116	1,522	,132

4.21 Volumen de estudio de la fuerza

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,694(a)	,481	,437	1,90968

Cuando se introducen en el modelo de regresión lineal solo las variables predictoras que se asociaron significativamente con los parámetros funcionales espirométricos, excluyendo las variables no significativas, se obtienen nuevos modelos según se indica a continuación

IV.4.8 MODELOS 1-2-3

Variable dependiente: **Capacidad vital del sujeto**

MODELOS	Variables Predictoras	Coefficientes (b)	Error típ.	t	Sig.
1	(CONSTANTE)	-11,206	1,255	-8,927	,000
	TALLA	,091	,007	12,450	,000
2	(CONSTANTE)	-4,700	1,658	-2,836	,006
	TALLA	,062	,009	7,166	,000
	SEXO	-,857	,163	-5,247	,000
3	(CONSTANTE)	-3,932	1,595	-2,465	,016
	TALLA	,049	,009	5,363	,000
	SEXO	-,730	,160	-4,554	,000
	PESO	,018	,006	3,180	,002

Tabla 4.22 Capacidad vital del sujeto con modelo 1-2-3

Resumen del modelo

Modelos	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,799(a)	,638	,634	,63389
2	,851(b)	,725	,719	,55564
3	,868(c)	,754	,745	,52864

a Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto

b Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto, Sexo del sujeto

c Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto, Sexo del sujeto, Peso del sujeto

Valorando las tres opciones, el modelo 3 es el que explica el mayor porcentaje de la varianza para la capacidad vital, asociada fuertemente a las características antropométricas y de género. Dicha asociación se expresaría según la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad Vital} = - 3,932 + 0,049*\text{talla} - 0,73*\text{sexo} + 0,018*\text{peso}$$

$$R^2 = 74,5 \%$$

IV.4.9 MODELOS 1-2-3-4

Variable dependiente: **Volumen Espiratorio Máximo en un segundo**

MODELOS	Variables Predictoras	Coefficientes (b)	Error tip.	t	Sig.
1	(CONSTANTE)	-8,708	1,218	-7,151	,000
	TALLA	,073	,007	10,327	,000
2	(CONSTANTE)	-3,229	1,670	-1,934	,056
	TALLA	,048	,009	5,596	,000
	SEXO	-,722	,164	-4,387	,000
3	(CONSTANTE)	-3,419	1,641	-2,083	,040
	TALLA	,046	,009	5,362	,000
	SEXO	-,660	,164	-4,022	,000
	MEDIDA AXILAR	,070	,034	2,081	,040
4	(CONSTANTE)	-2,846	1,612	-1,765	,081
	TALLA	,035	,009	3,797	,000
	SEXO	-,550	,166	-3,322	,001
	MEDIDA AXILAR	,081	,033	2,467	,016
	PESO	,014	,006	2,455	,016

Tabla 4.23 Volumen espiratorio máximo en un segundo con modelo 1-2-3-4

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,740(a)	,548	,543	,61497
2	,794(b)	,630	,621	,55967
3	,805(c)	,648	,635	,54927
4	,819(d)	,671	,655	,53388

a Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto

b Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto, Sexo del sujeto

c Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto, Sexo del sujeto, Medida Axilar

d Variables predictoras: (Constante), Talla del sujeto, Sexo del sujeto, Medida Axilar, Peso del sujeto

Valorando las cuatro opciones, el modelo 4 es el que explica el mayor porcentaje de la varianza para el Volumen Espiratorio Máximo en un segundo asociado fuertemente a las características antropométricas y de sexo y en menor medida a las medidas de movilidad torácica axilar (AAX). Dicha asociación se expresaría según la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen Espiratorio Máximo en un segundo} = -2,846 + 0,035 \cdot \text{talla} - 0,550 \cdot \text{sexo} + 0,081 \cdot \text{AAX} + 0,014 \cdot \text{peso}$$

$$R^2 = 65,5 \%$$

V.4.10 MODELOS 1-2

Variable dependiente: **Afectación de Vías Finas**

MODELOS	Variables Predictoras	Coefficientes (b)	Error típ.	t	Sig.
1	(CONSTANTE)	7,276	,487	14,929	,000
	SEXO	-1,641	,285	-5,768	,000
2	(CONSTANTE)	-1,281	3,765	-,340	,735
	SEXO	-1,078	,371	-2,907	,005
	TALLA	,045	,019	2,291	,024

4.24 Afectación de vías finas con modelo 1-2

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,524(a)	,274	,266	1,29223
2	,562(b)	,316	,300	1,26213

a Variables predictoras: (Constante), Sexo del sujeto

b Variables predictoras: (Constante), Sexo del sujeto, Talla del sujeto

Valorando las dos opciones, el modelo 2 es el que explica el mayor porcentaje de la varianza para la Afectación de Vías Finas, asociado a las características antropométricas y de sexo. Dicha asociación se expresaría según la siguiente ecuación:

$$\text{Afectación de Vías Finas} = -1,078 * \text{sexo} + 0,045 * \text{talla}$$

$$R^2 = 30,0 \%$$

IV.4.11 MODELOS 1-2-3

Variable dependiente: **Volumen de Estudio de la Fuerza**

MODELOS	Variables Predictoras	Coefficientes (b)	Error típ.	t	Sig.
1	(CONSTANTE)	12,381	,773	16,015	,000
	SEXO	-3,164	,451	-7,009	,000
2	(CONSTANTE)	6,274	1,868	3,360	,001
	SEXO	-2,115	,517	-4,092	,000
	PESO	,065	,018	3,550	,001
3	(CONSTANTE)	6,448	1,834	3,516	,001
	SEXO	-1,551	,574	-2,701	,008
	PESO	,130	,036	3,640	,000
	IMC	-,237	,113	-2,097	,039

4.25 Volumen de la fuerza con modelo 1-2-3

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	,599(a)	,358	,351	2,04984
2	,663(b)	,439	,427	1,92678
3	,683(c)	,467	,448	1,89023

a Variables predictoras: (Constante), Sexo del sujeto

b Variables predictoras: (Constante), Sexo del sujeto, Peso del sujeto

c Variables predictoras: (Constante), Sexo del sujeto, Peso del sujeto, imc

Valorando las tres opciones, el modelo 3 es el que explica el mayor porcentaje de la varianza para el Volumen de Estudio de la Fuerza, asociado fuertemente a las características antropométricas y de sexo. Dicha asociación se expresaría según la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen de Estudio de la Fuerza} = 6,448 - 1,551 \cdot \text{sexo} + 0,130 \cdot \text{peso} - 0,237 \cdot \text{IMC}$$

$$R^2 = 44,8 \%$$

V. DISCUSIÓN

V-Discusión

Con el fin de facilitar el desarrollo de este apartado, se discutirá en primer lugar la metodología utilizada en el trabajo y a continuación, los resultados obtenidos en las variables en estudio, intentando mantener el mismo orden en el análisis de los datos que el establecido en el apartado de metodología y resultados. Para concluir, se incluyen las posibles implicaciones y aportaciones del estudio en futuras investigaciones.

V.I. Discusión de la metodología empleada

V.I.1- A Propósito de los sujetos.

Con relación al ámbito de estudio, hemos elegido una población de alumnos universitarios de Ciencias de la Salud. La decisión de elegir alumnos de este centro, se debió al hecho de responder a una serie de criterios favorables a nuestro estudio, entre los que cabe destacar, el tratarse de sujetos adultos jóvenes, sanos, interesados en el conocimiento de la metodología a utilizar en el estudio y con gran interés en colaborar y participar en el mismo. La Espirometría es una técnica de exploración funcional respiratoria que ha abierto nuevas perspectivas de trabajo e investigación, para cuyo dominio es imprescindible una formación rigurosa.

La colaboración de los alumnos como sujetos de estudio tenía además el interés de utilizar la Espirometría con una finalidad de screening y por tanto novedosa por ser distinta a la valoración clínica de los pacientes con EPOC y de su evolución frente a los diferentes procedimientos, tanto farmacológicos como fisioterapéuticos que se utilizan en el entrenamiento y reeducación de los mismos. Por otra parte, también se consideró de interés al planificar el estudio, el conocimiento de los alumnos sobre la movilidad toraco abdominal: anatomía de los órganos que componen la caja torácica y su biomecánica, especialmente del diafragma en las diferentes posiciones.

No obstante lo anterior, la realización de la valoración funcional espirométrica y de la movilidad toraco-abdominal, fueron realizadas siempre por la misma persona, el investigador del trabajo, al objeto de evitar sesgos en la obtención de los datos.

Los criterios de inclusión fueron planificados de forma que permitiesen la participación de todos los alumnos de Fisioterapia sin patología cardiorespiratoria diagnosticada, con edades inferiores a 30 años, grupo étnico mediterráneo en sentido amplio y que una vez informados firmaran su consentimiento voluntariamente para participar. Los alumnos que configuraron la muestra definitiva, eran todos No fumadores, aunque el fumar no fue considerado como criterio de exclusión.

Otros factores que contribuyen a la variabilidad entre sujetos, son un nivel alto de entrenamiento físico, por un mayor desarrollo de los músculos de la cintura escapular, que se asocia a un mayor volumen pulmonar, aunque el desempeño físico de los sujetos de nuestra muestra era moderado y homogéneo, y por ello no se diferenció por este criterio.

Nacer y residir en una altitud de más de 3000 metros también se asocia a un aumento de los volúmenes pulmonares, pero este tampoco fue el caso, de los alumnos del presente estudio.

Diferentes grupos de población poseen diferentes resultados para la función pulmonar. Los aspectos medioambientales, socioeconómicos, la dieta y la altitud pueden sumarse a los grupos de población y afectar los valores. En nuestro estudio el grupo étnico estudiado fue mediterráneo.

Todos los datos fueron recogidos por la mañana, en el gimnasio de la Escuela y posteriormente fueron almacenados en una hoja de cálculo para su posterior utilización en el análisis estadístico.

En nuestro estudio se trata de analizar en este tipo de población joven y sin patología respiratoria conocida, cuales son las características antropométricas y su relación con los parámetros funcionales espirométricos y de movilidad toraco-abdominal. En resumen se han valorado fundamentalmente los elementos implicados en el patrón funcional respiratorio normal y el despistaje de posibles patrones patológicos.

V.1.2- A Propósito del método

A través de la utilización de un diseño transversal, se ha intentado conocer la situación puntual de la población de estudio en un momento dado. Este tipo de diseños proporcionan información basal para la descripción del problema de estudio planteado, siendo a su vez importantes para el seguimiento posterior de la población.

La utilización de diseños transversales implica que el investigador contemple una serie de medidas y precauciones, como la utilización de un muestreo probabilístico para poder comparar la prevalencia de determinados resultados entre grupos o poblaciones.

En nuestro caso, por tratarse de una población bien definida en términos de salud, edad y ámbito de estudio, se optó por la selección de los sujetos mediante muestreo No probabilístico, intencional, incluyendo a todos los alumnos de Fisioterapia que cumplieran los criterios de inclusión, y conocer la distribución por género de las variables de estudio y en su caso la prevalencia de patrones funcionales anómalos.

La utilización de medidas de frecuencia como la prevalencia, facilitan la medición de una situación en un momento concreto y nos permiten describir en que proporción de la población de estudio está presente el fenómeno de interés.

Las técnicas espirométricas de exploración funcional aplicadas a los sujetos fueron realizadas siguiendo las normas de la ATS/ERS Standardization of Spirometry de 2005, para poder ejecutar una exhaustiva valoración funcional de los parámetros espirométricos.

Tras el análisis descriptivo se ha realizado la comparación de medias entre las distintas variables por género y desarrollado un análisis bivariante, con objeto de analizar la relación entre las variables dependientes (parámetros funcionales espirométricos) e independientes, en todos los sujetos de la muestra y estratificando por género. Finalmente se ha realizado un análisis multivariante de regresión lineal múltiple para las variables de respuesta o dependientes frente al conjunto de covariables estudiadas.

V.II. Discusión de los resultados obtenidos

V.II.1- Características descriptivas de los sujetos

En nuestro estudio, para un total de 90 sujetos, 58 (el 64.4%) eran mujeres y 32 (el 35.6 %) hombres. El elevado porcentaje de mujeres, refleja la feminización que viene ocurriendo en los últimos años en todos los estudios de Ciencias de la Salud en general y en particular en la titulación de Fisioterapia que cursan nuestros alumnos (Tabla 4.1).

La distribución de frecuencias para los sujetos de la muestra en relación con la edad, fue la siguiente: el 21,1% tenía 19 años y el 36,7% 20 años, estando la mayoría de los alumnos comprendidos en un rango de 19 a 20 años de edad, mientras que para la totalidad de la muestra el rango fue de 18 a 28 años. Al fragmentar la edad de los alumnos en función del sexo, la media de edad para los varones fue de $23,16 \pm 5,431$ y para las mujeres de $21,16 \pm 3,189$ (Tabla 4.2).

Estas características de edad y sexo son representativas de los estudiantes de su ámbito, siendo una muestra predominantemente de mujeres jóvenes, como ocurre en el resto de las titulaciones biosanitarias, aunque esta proporción de mujeres es algo superior a la de los jóvenes de la ciudad de Granada de las mismas edades.

Algunos estudios de referencia como el de Verschalken et al. 1995, al estar realizados en población general, refieren rangos de edad mucho mas amplios, con sujetos entre 10 y 60 años, aunque en número muy similar al nuestro. Rodríguez Martínez et al 2005 en un estudio similar, incluyeron en su muestra de 120 sujetos (64 varones y 55 mujeres) solo a los que no presentaban patología, no eran fumadores y no tenían sintomatología gripal. No obstante, son muy escasos los estudios de este tipo en sujetos normales sin ninguna sintomatología patológica.

Con relación a las características antropométricas, la talla media de los sujetos de la muestra fue de $170,88 \pm 9,16$ cm, para un rango de 152 - 193 cm. En el 10% de los sujetos la talla media fue de 175 cm. Según el género, la talla media para los varones fue de $179 \pm 7,47$ cm y para las mujeres de $166,40 \pm 6,56$ cm. Para Marion et al 1971 la altura representa un índice fiable de desarrollo pulmonar, lo que junto a la edad media de los alumnos puede ser un

buen indicador de la capacidad funcional respiratoria, en ausencia de factores de riesgo y sintomatología (Tabla 4.3).

El peso medio de los sujetos fue de $67,18 \pm 13,13$ Kg y el rango estuvo comprendido entre 46 - 109 Kg siendo la media para los varones de $77,53 \pm 9,79$ Kg y para las mujeres de $61,47 \pm 11,85$.

Tanto el peso como la talla son valores que de forma aislada no proporcionan suficiente información, presentando mayor importancia el IMC o relación peso/talla, como indicador de adiposidad corporal. Según la clasificación del IMC de la OMS (1998), 18,5-24,9 representa el rango de Normopeso.

En nuestro estudio el IMC fue de $22,89 \pm 3,62$ siendo el rango de 17,51 – 37,25. Como puede observarse, existen valores extremos indicativos de bajo peso y obesidad respectivamente. Al diferenciar por sexo, la media para los varones fue de $24,16 \pm 2,38$ y para las mujeres de $22,18 \pm 4,00$ estando la media de ambos sexos dentro de los valores de normopeso y en la línea de los datos para el mismo rango de edad que en la población general (De Lucas Ramos 2004).

V.II.2-Comparación de la función respiratoria entre los sujetos de la muestra

La espirometría consta de una serie de pruebas respiratorias sencillas, bajo circunstancias controladas, que miden la magnitud absoluta de los volúmenes y las capacidades pulmonares y la rapidez con que éstos pueden ser movilizados (flujos aéreos). Los resultados se expresan en forma numérica fundamentados en cálculos sencillos. Los rangos para los valores normales, además de tener unos amplios límites fisiológicos, presentan una gran variabilidad interindividual, dependiendo del sexo, edad y características antropométricas de los sujetos (Matran 2006).

Nuestros resultados no muestran diferencias significativas para la edad al tratarse de una cohorte de estudiantes del mismo curso y por tanto de las mismas edades en su mayoría, sin embargo las diferencias antropométricas resultan evidentes al diferenciar por género, siendo estadísticamente significativas para talla y peso ($p < 0,001$) y consecuentemente para el IMC entre los hombres y mujeres de la muestra (Tabla 4.3).

Estas diferencias antropométricas de sexo condicionan los perímetros toracoabdominales y se reflejan en las medidas de movilidad, calculadas a partir de dichos perímetros, como diferencias entre la inspiración y espiración forzadas (Tabla 4.4). Así, los valores medios para la medida axilar (AAX) y medida xifoidea (AXF), fueron significativamente inferiores en las mujeres del estudio ($p < 0,002$ y $p < 0,001$ respectivamente). La expansión del tórax durante la inspiración forzada, pone de manifiesto la mayor fuerza de los músculos inspiratorios en varones, que consiguen una mayor ampliación de la cavidad torácica en inspiración, seguido de un mayor aumento del volumen y flujo de aire pulmonar. Según Pinet et al 2004, durante la ventilación normal, los movimientos de la caja torácica son esencialmente realizados por el diafragma para la parte inferior del tórax, siendo los músculos escalenos y paraesternales los que movilizan la parte superior el tórax, cuya mayor fuerza en el varón confirmaría nuestros resultados.

Algunos estudios Ragnarsdóttir et al 2006 refieren que los hombres poseen alrededor de un 20% más de expansión torácica que las mujeres en cada uno de los de los tres planos de movimiento. Compartimos con Hams et al 1998, la diferencia de género a favor de los hombres para la movilidad toracoabdominal, y su influencia en la mecánica ventilatoria (García-Río 2004) lo que corroboran también las aportaciones de Jammes et al. 1979.

Bellemare et al. 2001 muestran una correlación significativa entre varios factores antropométricos con la movilidad torácica y el sexo. En un estudio posterior, los autores Bellemare et al, 2003 compararon en 21 hombres y 19 mujeres, todos ellos sanos, la movilidad torácica, informando que durante la espirometría forzada era menor en las mujeres, mientras que a nivel abdominal era mayor en mujeres que en los hombres por acomodación del desplazamiento de las vísceras. Nuestros resultados confirman estos hallazgos, aunque en nuestro estudio la movilidad abdominal no presentó significación estadística, si bien fue mayor en las mujeres.

En otros trabajos similares, los autores Bellemare et al 2003 encuentran que la movilidad torácica en las mujeres es inferior a la de los hombres entre un 10 a 12%, Este último punto nos interesa en cuanto a la preeducación de la caja torácica en ciertas patologías como la Fibrosis quística o el enfisema.

Por otra parte, coincidimos con Verschakelen et al 1995, quién estudió las variaciones de movilidad toracoabdominal en relación con el sexo, la edad y la postura, encontrando diferencias significativas para el sexo ($p < 0.05$) así como para la edad cuya significación fue

mayor en sujetos de edad superior a 50 años. En nuestra muestra, al ser muy homogénea la edad como se ha comentado anteriormente no nos ha permitido establecer comparaciones.

Como puede observarse en la tabla 4.4, la movilidad abdominal ha sido inferior a la torácica tanto en hombres como en mujeres, no mostrando diferencias estadísticamente significativas entre ambos sujetos, lo que pone de manifiesto la preponderancia de los músculos inspiratorios en la ventilación, respecto de los espiratorios, a pesar de la importancia de estos últimos durante la espiración forzada (Valenza 2005).

Nuestros resultados no reflejan lo informado por Ragnarsdottir et al. 2006 quienes observaron como única diferencia significativa de género el rango de la movilidad abdominal durante la respiración profunda. (Harms 1998). En este sentido, otros autores Stenius-Aarniala et al 2000 informan que el rango de los movimientos respiratorios de hombres y mujeres no son significativamente diferentes, como ocurre con nuestros sujetos, pero ellos observaron que la respiración profunda de las mujeres presenta una movilidad significativamente menor que la de los hombres.

Respecto al número de ciclos inspiratorios y espiratorios por minuto, la media fue similar en varones y mujeres (Tabla 4.5). Es importante indicar que aunque la respiración es un proceso bifásico, el número de ciclos inspiratorios y espiratorios en un minuto puede variar dependiendo de la fase en que se cumpla el minuto de referencia. En este sentido, Nakamura et al. 2002 y García Rió et al. 2004 en distintos estudios mostraron que el tiempo de inspiración es ligeramente más corto que el tiempo espiratorio para las mujeres respecto a los hombres (Tobin 1983).

Nuestros datos se encuentran en el rango de los valores fisiológicos para la población general de la misma edad, si bien Charbonneau et al 1987 con relación al número de inspiraciones y espiraciones por minuto en sujetos normales, encontraron cifras más altas que las nuestras y algo superiores en las mujeres, pero el rango de edad en su estudio era mucho más amplio que el nuestro.

La diferencia podría estar en la juventud y homogeneidad de nuestra muestra, dado que el objetivo de la ventilación pulmonar, es decir, el intercambio de O₂ y CO₂ en jóvenes sanos, se puede conseguir a una menor frecuencia ventilatoria, debido a la mayor fuerza de los

músculos respiratorios, cuyo efecto resulta aún mas manifiesto cuanto mayor es la realización de ejercicio físico de resistencia .(Lucia Mulas 1995)

Desde el punto de vista de la exploración funcional ventilatoria, el parámetro espirométrico más importante es sin duda la capacidad vital (FVC), como expresión de la suma de volúmenes de aire corriente y de volúmenes de reserva inspiratoria y espiratoria, ya que en definitiva aporta información relativa a todo el aire que puede movilizarse de los pulmones, con la única excepción del volumen pulmonar residual. La capacidad vital suele utilizarse junto con el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV_1) como parámetros evaluadores de elección de la función ventilatoria, lo que ponen de manifiesto numerosos estudios que miden la capacidad ventilatoria para determinar el tipo de alteración (obstructiva o restrictiva) o en su caso el despistaje de alteración respiratoria en fumadores (Roca 1990).

En nuestro trabajo y como se muestra en la tabla 4.10 encontramos diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres ($p < 0,001$) para FVC y FEV_1 . Dado que los volúmenes de aire movilizados guardan relación con la edad y el sexo y este a su vez con las características antropométricas del sujeto, resulta del máximo interés expresar los valores de FVC y FEV_1 no solo en cifras absolutas sino como porcentaje de los valores considerados como normales para una persona de las mismas características físicas del sujeto estudiado.

Se consideran normales, valores iguales o superiores al 80% del valor de referencia. Para la relación FEV_1 / FVC ($FEV_1 \%$) como proporción de la capacidad vital que se expulsa en el primer segundo de la espiración forzada, se considera normal cuando es superior al 70%. En la tabla 4.7. se muestran dichos porcentajes para los sujetos de nuestra muestra, los cuales se encuentran por encima del 80% en ambos parámetros y por encima del 70% el cociente entre ellos.

Con estos parámetros se puede establecer el patrón espirométrico de la muestra como Normal: $FEV_1 \%$ mayor del 70 % y valores de FVC y FEV_1 superiores al 80 % del valor de referencia.

Así, la interpretación de la espirometría basada en la comparación de los valores obtenidos por un paciente con los que teóricamente le corresponderían a un individuo sano de sus mismas características antropométricas Burrows et al 1975, es lo que se ha dado en llamar

“corrección por el tamaño” (Lung function testing: selection of referente values and interpretative strategies 1991).

Este valor teórico o valor de referencia, se estima a partir de ecuaciones de predicción, y es el promedio del valor correspondiente a una muestra suficientemente amplia de individuos de similares características antropométricas. Aunque las medias de los porcentajes de FVC y FEV₁ para los sujetos de nuestra muestra se encuentran por encima del 80%, sin embargo en cuatro sujetos (1 varón y tres mujeres), la FVC era normal pero el FEV₁ estaba disminuido (menor del 80% del valor de referencia) y por consiguiente el cociente FEV₁ / FVC (FEV₁ %) también estaba disminuido por debajo del 70%, poniendo de relieve el valor de despistaje de la espirometría Laura Mendoza et al 2008 La entrevista con dichos sujetos puso de manifiesto su relación con el tabaco, bien como fumadores pasivos o exfumadores, pese a que en la actualidad eran No fumadores activos y carecían de patología respiratoria diagnosticada.

Resulta por tanto de interés verificar el consumo de tabaco cuando se utiliza la espirometría como screening de disfunción respiratoria. Según el estudio PLATINO desarrollado en Chile (Hugo Amigo 2006), el riesgo de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) en fumadores de cigarrillos de papel es mayor que en fumadores de tabaco, aunque en términos generales las personas fumadoras siempre tienen mayor riesgo de desarrollar EPOC que las que nunca han fumado

El ejercicio físico también tiene un efecto protector para el desarrollo de EPOC, aun en fumadores. Existe evidencia de que los fumadores que realizan ejercicio físico moderado o intenso tienen menor disminución de la función pulmonar y menor riesgo de desarrollar EPOC que los que no hacen ejercicio Regular Physical Activity Modifies Smoking-related Lung Function Decline and Reduces Risk of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2007.

El resto de parámetros espirométricos estudiados, afectación de las Vías Finas (FEF) y Volumen de Estudio de la Fuerza Muscular (PEF), también mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre hombres y mujeres. La mayor fuerza de contracción muscular en los hombres, facilita la expansión del tórax y por ende el aumento de volumen pulmonar, lo que se refleja en las medidas de movilidad torácicas, y en menor proporción en la movilidad abdominal, ya que la espiración en reposo es un proceso pasivo.

V.II.3-Análisis de la Asociación entre las variables en estudio

Para evaluar la magnitud de la fuerza de asociación entre variables dependientes e independientes, realizamos el análisis bivariante. Los resultados se presentan en las tablas 4.11 a 4.14

Como puede observarse en las tablas 4.11 y 4.12 solo hemos encontrado significación estadística con la edad para el número de ciclos inspiratorios y espiratorios por min. ($p < 0,006$ y $p < 0,014$ respectivamente). La talla, peso e IMC de los sujetos, no muestran significación con la edad, pero existe una fuerte asociación estadísticamente significativa, entre talla y movilidad torácica, AAX y AXF ($p < 0,002$ y $p < 0,009$) respectivamente y también aunque de menor magnitud, entre IMC y movilidad toracoabdominal, AXF y AAB ($p < 0,01$ y $p < 0,03$). Estos parámetros antropométricos deben ser tenidos en cuenta ya que restricciones torácicas se encuentran a menudo asociadas a la obesidad y se atribuyen a los efectos mecánicos de la grasa en el diafragma y la caja torácica (Lazarus 1997, Inselma 1993).

Algunos de estos factores no son modificables como la talla, edad, grupo étnico, sexo y herencia; sin embargo son importantes en la identificación y la investigación del riesgo individual de enfermedad pulmonar.

La relación entre los datos antropométricos: Edad, talla, peso, e IMC y los valores funcionales espirométricos: FVC, FEV1, FEF y PEF informan de una fuerte asociación (tabla 4.13), estadísticamente significativa ($p < 0,001$) que sigue las referencias de normalidad de la ATS. American Thoracic Society. European Respiratory Society 2005

En todos los estudios revisados, la edad representa un factor a considerar de gran importancia para la valoración de la funcionalidad y las capacidades de reserva pulmonares. Así, la edad, peso, talla y en su caso el grupo étnico, son factores cuyos datos permiten corregir ecuaciones de predicción propias en comparación con las de la ATS. (Rodríguez Martínez 2005) refieren que la comparación de los valores de los principales índices espirométricos calculados con ecuaciones propias y con las de Knudson et al 1976 fueron significativamente superiores ($p < 0,001$).

El peso y el IMC como indicador de adiposidad corporal, son factores a considerar en parte porque la acumulación de grasa repercute negativamente en la función ventilatoria de

niños y adultos, pero sobre todo porque son factores modificables a través de la dieta y el ejercicio aeróbico, mejorando la función respiratoria (Lazarus 1997, Inselma 1993).

El aumento de IMC se encuentra normalmente asociado a una reducción del volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1), capacidad vital forzada (FVC), capacidad pulmonar total, capacidad residual funcional y volumen espiratorio de reserva. Quiles et al. 2007 evaluaron la relación entre función respiratoria y obesidad en una muestra con un 37% de obesos y un 62,5% de sujetos normopeso. Ambos grupos fueron evaluados mediante antropometría y espirometría. La FVC fue del 97,6% y 90,1% en normopeso y obesidad respectivamente ($p < 0,001$), concluyendo que la correlación entre obesidad y función respiratoria es negativa.

No obstante existe cierta controversia al respecto. Quiles et al. 2007 en un reciente estudio sobre obesidad, definida como incremento del índice de masa corporal, muestran una correlación positiva entre obesidad y función respiratoria, corroborando lo informado por Lazarus et al. 1997 en un estudio sobre los efectos de la obesidad y distribución de la grasa en la función ventilatoria, que observaron una asociación positiva con la Capacidad Vital (FVC) en todas las edades ($p < 0,001$).

Heather et al. 2005 también estudiaron la relación entre función pulmonar y obesidad en una población cuyo rango de edad fue de 35 a 79 años, observando el mismo tipo de asociación.

Nuestros resultados no son comparables, por tratarse de una cohorte de estudiantes jóvenes, con normopeso y sin patología respiratoria diagnosticada, pero evidencian igualmente la fuerza de la asociación estadísticamente significativa entre las medidas antropométricas y los parámetros funcionales que se obtienen por espirometría, siendo de gran interés la posibilidad de intervenir modificando el peso y el IMC como posibilidad de mejorar la ventilación pulmonar.

En cualquier caso, en el seguimiento individual de los valores de función pulmonar de cada paciente, sería prudente tener en cuenta las variaciones de peso, ya que en varones adultos se han registrado reducciones en FEV1 de entre 13.9 y 23 mL / kg de peso ganado Heather et al 2005. En estas circunstancias, la capacidad vital (FVC) estará disminuida, pues la grasa limita la expansión de la cavidad torácica, ofreciendo un patrón restrictivo, al estar ambos parámetros espirométricos disminuidos.

En este orden de cosas, la relación de las medidas de movilidad torácica con los valores espirométricos FVC y FEV1 muestra una fuerte asociación estadísticamente significativa para la movilidad AAX y AXF ($p < 0,001$) no existiendo asociación significativa con la movilidad abdominal AAB (tabla 4.13). En el mismo sentido se asocian significativamente los demás parámetros espirométricos valorados con la movilidad torácica, no existiendo significación entre estos y la movilidad abdominal.

La bibliografía revisada muestra correlación entre la movilidad toraco abdominal y los valores de función pulmonar en sujetos con patologías respiratorias que responden a un patrón espirométrico obstructivo (bronquitis crónica, asma o enfisema), con una disminución de la velocidad de salida del aire pulmonar, pero sin afectación de la capacidad pulmonar. Por lo tanto con una FVC normal pero con un FEV1 disminuido (menor del 80 % del valor de referencia) y por lo tanto con un cociente FEV1 / FVC disminuido (menor del 70% del valor de referencia). Cuando existe un patrón espirométrico restrictivo (fibrosis, tumores, etc...), la FVC se encuentra disminuida, afectándose la movilidad torácica por la menor expansión pulmonar que repercute negativamente en el FEV1 como refieren (Resqueti 2007) en su estudio sobre función pulmonar en relación con la movilidad toraco abdominal en pacientes con toracotomía sometidos a rehabilitación respiratoria.

En cualquier caso, a la hora de valorar los parámetros espirométricos siempre es necesario asegurarse de que la técnica se ha realizado correctamente, pues de lo contrario se puede llegar a conclusiones diagnósticas erróneas.

Nuestros resultados además nos obligan a considerar muy especialmente a la hora de realizar la valoración pulmonar espirométrica, no solo la corrección técnica, sino también la edad, sexo y características antropométricas.

Mediante la estrategia establecida de asociaciones entre las variables de función respiratoria (variables espirométricas) y las variables de sujeto y de movilidad toraco-abdominal, hemos elaborado un primer modelo explicativo de regresión lineal múltiple, para cada uno de los parámetros funcionales de la espirometría forzada, como variable dependiente frente al resto de las variables consideradas como predictoras, dado que la afectación por patologías obstructivas y restrictivas en su caso, no afectarían por igual los volúmenes funcionales de reserva respiratorios y por tanto la capacidad vital del sujeto, ofreciendo patrones espirométricos diferentes.

En dicho primer modelo puede observarse (tabla 4.15) como para la variable núm. de ciclos respiratorios, solo la edad explica de forma significativa el núm. de ciclos inspiratorios ($p < 0,04$), siendo excluidas del modelo el resto de variables sin significación estadística.

Para la Capacidad Vital (FVC) en este primer modelo las variables predictoras que muestran significación estadística son, el sexo y las características antropométricas peso y talla, las cuales explican el 75,4 % de la varianza, según el coeficiente de determinación R^2 corregido, una vez excluidas las variables no significativas (tabla 4.17). La Capacidad vital se asocia fuertemente con el sexo, siendo la correlación lineal inversa, es decir, que para los hombres (coeficiente negativo) será mayor que para las mujeres.

El peso y la talla del sujeto se correlacionan de forma directa, así a mayor corpulencia, mayor capacidad vital. La medida de movilidad abdominal muestra indicios de significación estadística, controlando por dichas variables. El peso y la talla son parámetros diferenciales de género, significativamente diferentes entre hombres y mujeres (Heather 2005), que influyen la función respiratoria a favor del género masculino, lo que confiere a los varones una ventajosa calificación estructural y funcional para el desempeño físico Verges et al 2005, que se pone de manifiesto fundamentalmente en deportistas. Por otra parte, nuestros resultados corroboran lo reportado por algunos autores (Mota-Casals 2005) respecto a la disponibilidad de una mayor reserva funcional en los varones, que representa una mejor compensación y reeducación en situaciones de enfermedad.

El segundo parámetro espirométrico de gran interés es el volumen espiratorio máximo en un segundo (FEV1) como variable predictora (tabla 4.18) asociado igualmente al sexo y características antropométricas diferenciales, es decir peso y talla, así como a la movilidad axilar, que explican el 65,6 % de la varianza según el coeficiente R^2 de determinación corregido. Este volumen representa la velocidad de salida del aire pulmonar, y depende de la movilidad torácica cuya expansión es superior en varones por la mayor fuerza muscular de los músculos inspiratorios específicamente (Sánchez Riera 2001).

Estos resultados explican la modificación de la velocidad de salida del aire que ocurre en algunas patologías respiratorias que afectan la movilidad torácica, por la menor expansión pulmonar p.e. en caso de fibrosis pulmonar, con un patrón espirométrico restrictivo que repercute negativamente en el FEV1. Como en el modelo anterior, la correlación con el sexo es inversa, es decir, que para los hombres (coeficiente negativo) será mayor que para las mujeres, mientras que para la movilidad axilar la correlación es directa, a mas movilidad axilar,

mayor velocidad de salida del aire pulmonar que consigue un mayor volumen en el primer segundo de espiración.

Al excluir las variables no significativas del primer modelo de regresión lineal múltiple, y por tanto considerar exclusivamente las variables explicativas que se asociaron significativamente con los parámetros funcionales espirométricos, se obtuvieron nuevos modelos, cuya valoración se ha hecho teniendo en cuenta la explicación del mayor porcentaje de la varianza para las variables predictoras de función (parámetros espirométricos) y a partir del R cuadrado corregido.

El modelo final que explica el mayor porcentaje de la varianza para la Capacidad Vital (FVC) es el núm 3, indicando una fuerte asociación estadísticamente significativa con las características antropométricas y de género (tabla 4.21). De igual forma, para el volumen espiratorio máximo en un segundo (FEV1) sería el modelo núm 4, el que explica la asociación significativa con sexo, medidas antropométricas y movilidad axilar.

Para las medidas funcionales restantes, tanto el sexo como las medidas antropométricas son las que se asocian significativamente explicando el mayor porcentaje de la varianza (tablas 4.22, 4.23, 4.24). Es importante insistir en el signo de los coeficientes de determinación, ya que los de signo positivo indican que los cambios de la variable predictora en un sentido implican cambios en el mismo sentido de la variable dependiente, siendo para el sexo el signo negativo favorable a los hombres.

En resumen, nuestros resultados indican la importancia del sexo y de las características antropométricas, en la función respiratoria de los sujetos jóvenes sin patología diagnosticada, el cuál se constituye para este tipo de muestra, en un importante modulador de la fuerza muscular y por tanto de la movilidad torácica, con repercusión funcional en los volúmenes de reserva inspiratorios y espiratorios y consecuentemente en la capacidad vital, como los parámetros de mayor interés para la valorar la función respiratoria.

VI. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. En nuestra muestra de 90 sujetos jóvenes, con $21,87 \pm 4,20$ años de edad media, 35,6% varones y 64,4% mujeres, no fumadores de grupo étnico mediterráneo y sin patología respiratoria conocida, encontramos diferencias significativas de sexo entre los valores antropométricos, talla, peso e IMC, así como para las medidas de movilidad torácica, tanto axilar como xifoidea.

2. Todos los valores funcionales obtenidos por espirometría forzada (FVC, FEV₁, FEF y PEF) fueron significativamente superiores en los varones respecto a las mujeres de la muestra.

3. El patrón funcional espirométrico obtenido para esta muestra ha sido *Normal*: FEV₁ % mayor del 70 % y valores de FVC y FEV₁ superiores al 80 % del valor de referencia.

4. En cuatro sujetos, el 3,6% de la muestra (un varón y tres mujeres), la FVC fue normal pero el FEV₁ se encontraba disminuido (menor del 80% del valor de referencia) y por consiguiente el cociente FEV₁ / FVC (FEV₁ %) también estaba disminuido por debajo del 70%, poniendo de relieve el valor de despistaje de la espirometría en ausencia de patología conocida.

5. El número de ciclos respiratorios se asoció significativamente con la edad; las medidas de movilidad torácica se asociaron fuertemente con la talla y las medidas de movilidad abdominal, con el IMC

6. Todos los parámetros de reserva funcional espirométricos se asociaron significativamente con las medidas antropométricas.

7. En la evaluación de la magnitud de las asociaciones entre las variables funcionales de la espirometría forzada, consideradas en conjunto como variable dependiente, frente al resto de las variables consideradas como predictoras, hemos encontrado asociación estadísticamente significativa según un modelo explicativo de regresión lineal múltiple, que identifica como principales predictores de la Capacidad Vital Forzada, el sexo la talla y el peso y como factores predictores del volumen espiratorio máximo en un segundo, la movilidad torácica a nivel axilar, además del sexo, peso y talla.

VII. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

VII. Perspectivas futuras de investigación: Entrenamiento de los músculos respiratorios

VII.1- Introducción

El entrenamiento de los músculos respiratorios se suele utilizar en las patologías tipo EPOC: frecuentemente se acompañan de una situación de debilidad de los músculos respiratorios debida a la sobrecarga que supone el incremento del trabajo respiratorio y a la existencia de una alteración muscular intrínseca secundaria a las frecuentes alteraciones nutricionales y metabólicas, a la insuficiencia respiratoria crónica y, en ocasiones, al tratamiento esteroideo (Goldstein et al 1993). Puesto que la debilidad muscular puede contribuir al desarrollo de insuficiencia respiratoria, en los últimos años se han introducido técnicas de entrenamiento específico dirigidas a mejorar la función de los músculos inspiratorios (Tenny et al 1968).

A continuación se abordarán los diferentes aspectos a tener en cuenta en el entrenamiento de la musculatura inspiratoria. La musculatura espiratoria no se considera por la mayoría de los autores como un objetivo relevante en el tratamiento ya que la espiración se considera en su mayor parte una acción pasiva de retorno a la normalidad de las presiones torácicas.

VII.2- El entrenamiento muscular respiratorio

El entrenamiento muscular en general se fundamenta en la capacidad que tienen los músculos de modificar su estructura y, como consecuencia, su fuerza y resistencia en respuesta a una sobrecarga específica (Nickerson et al 1982).

Los programas de entrenamiento deben diseñarse de forma que supongan un estímulo de suficiente intensidad, duración y frecuencia, aplicado a lo largo de un período de tiempo adecuado para producir una respuesta (Martín et al 1987). Existen distintos programas, según quiera conseguirse un entrenamiento de fuerza o de resistencia.

Para el entrenamiento de fuerza se utilizan estímulos poco repetidos de alta intensidad, siendo la respuesta observada la hipertrofia de las fibras, con un aumento en su capacidad de generar fuerza máxima. Para el entrenamiento de resistencia se utilizan estímulos muy repetidos de intensidad media; se produce un incremento en la cantidad de mioglobina, enzimas oxidativas, número y tamaño de las mitocondrias y densidad capilar, con lo que se consigue un aumento en la capacidad de ejercicio aeróbico Larson et al 1999,(Fiz et al 1990) .

El diafragma está compuesto por un 55% de fibras tipo I, un 20% de fibras tipo 2a, ambas con alta capacidad oxidativa y un 25% de fibras 2b, de gran capacidad glicolítica.

Esta composición le convierte en un músculo con capacidad de responder a estímulos tanto de fuerza como de resistencia (De Troyer et al 1988).

En estudios de experimentación animal se ha visto que el entrenamiento de los músculos inspiratorios se acompaña de cambios en la composición relativa de las fibras musculares así como de cambios enzimáticos en éstas. En cuanto al aspecto clínico, la aplicación de técnicas de entrenamiento muscular específico inspiratorio fue introducida por primera vez por Leith y Bradley en 1976, en sujetos normales, empleando la realización de maniobras de presión inspiratoria y espiratoria máximas, con el fin de aumentar la fuerza muscular, y maniobras de máxima capacidad ventilatoria, con el fin de aumentar la resistencia (Leith et al 1976).

VII.3- El entrenamiento inspiratorio

VII.3.1-Objetivos

El entrenamiento de los músculos inspiratorios intenta conseguir una mejor función de éstos y, como consecuencia un mejor patrón ventilatorio. El cambio en el patrón de la ventilación puede determinar una mejoría del intercambio gaseoso y el aumento de la tolerancia al ejercicio. Además, el incremento de la fuerza muscular va a suponer una disminución en la relación entre presión desarrollada con cada inspiración y presión inspiratoria máxima lo que, unido al cambio en el patrón de ventilación, dará lugar a una

disminución en la sensación de disnea. El resultado final será una mejor calidad de vida para estos enfermos.

VII.3.2-Modalidades de entrenamiento inspiratorio

El entrenamiento de los músculos inspiratorios puede llevarse a cabo mediante técnicas de fuerza o técnicas de resistencia (Pardy et al 1988).

El entrenamiento de fuerza puede lograrse bien realizando maniobras repetidas de presiones máximas, o respirando contra una resistencia inspiratoria creada mediante la aplicación de cilindros de calibre progresivamente reducido, o bien utilizando los denominados dispositivos "umbral", mecanismos portadores de una carga prefijada con los que el flujo de aire sólo se produce si se genera una fuerza suficiente para vencer dicha carga. La valoración de estos procedimientos de entrenamiento se hace en función del incremento obtenido en la presión inspiratoria máxima (PIM) y en la presión transdiafragmática máxima (Pdimax).

El entrenamiento de resistencia se consigue mediante la realización de maniobras de hiperventilación o utilizando los procedimientos de respiración contra resistencias anteriormente descritos.

Con respecto a la hiperventilación, se realizan maniobras de máxima ventilación sostenida con control normocápnico. La valoración de esta modalidad de entrenamiento se hace mediante el análisis de las modificaciones observadas en la máxima capacidad ventilatoria, en las resistencias máximas toleradas y en la presión inspiratoria máxima.

Aunque el incremento del primero de estos parámetros sería específico del entrenamiento de resistencia y los 2 últimos corresponderían al entrenamiento de fuerza, existe una modificación conjunta en respuesta a cualquier modalidad de entrenamiento.

La mayoría de los programas de entrenamiento inspiratorio se realizan utilizando mecanismos de inspiración contra resistencia. La eficacia del entrenamiento va a depender de lo adecuado de su intensidad y duración.

Aunque con algunas diferencias entre los distintos protocolos empleados, se han establecido unas líneas generales de entrenamiento (Rampilla et al 1992) que se pueden resumir en:

- a) Sesiones de entrenamiento, dos diarias.
- b) Duración de la sesión, 15 minutos.
- c) Intensidad de la sesión, 40% de la PIM.
- d) Días de entrenamientos, 5 a 7 por semana.
- e) Período mínimo de entrenamiento, 8 semanas.

VII.3.3-Indicaciones y contraindicaciones del entrenamiento inspiratorio

Resulta del mayor interés fijar las indicaciones y contraindicaciones del entrenamiento inspiratorio (Braun et al 1983). Deben seleccionarse pacientes que necesiten entrenamiento, es decir aquellos con enfermedad moderada o grave y afectación muscular. Por otra parte, deben excluirse aquellos en los que existe ya fatiga muscular y, por lo tanto, no podrían soportar una mayor carga.

Se ha demostrado que esfuerzos continuos de gran intensidad pueden producir daño muscular y el ejercitar músculos ya dañados puede ocasionar una lesión irreversible.

Clínicamente se ha visto que el ejercicio mantenido con presiones inspiratorias superiores al 40% de la máxima puede conducir a la fatiga muscular.

El entrenamiento inspiratorio mediante respiración contra resistencia puede dar lugar a hipertensión pulmonar en pacientes con hipoxemia previa probablemente por interacción entre el incremento de consumo de O₂ por los músculos respiratorios y el desarrollo de grandes presiones negativas pleurales.

En términos generales, serían candidatos a entrenamiento aquellos pacientes con enfermedad moderada o grave y datos de afectación muscular en los que exista disnea y/o hipercapnia durante el ejercicio.

Por otra parte, el entrenamiento está contraindicado en las siguientes situaciones:

- a) Fallo respiratorio agudo.
- b) Fatiga muscular.
- c) Fallo cardíaco.
- d) Hipertensión pulmonar grave.
- e) Enfermedad coronaria no controlada.
- f) Arritmias graves.

VII.3.4-Resultados del entrenamiento muscular inspiratorio

La evaluación de los resultados del entrenamiento muscular debe incluir los cambios obtenidos no sólo en las presiones musculares sino también en la capacidad ventilatoria, sensación de disnea y tolerancia al ejercicio, existiendo en el momento actual amplias discrepancias en cuanto a estos resultados.

Con respecto a su efecto directo sobre la función muscular, la mayoría de los estudios realizados han puesto de manifiesto que el entrenamiento específico de los músculos inspiratorios es capaz de mejorar su función, valorada tanto por cambios en la presión inspiratoria máxima como por cambios en la presión transdiafragmática máxima o en la ventilación máxima sostenida (Dekhuijzen et al 1991). Existen sin embargo algunos estudios, menos numerosos sin duda, que no corroboran estos datos.

Con alguna excepción, no se ha descrito ningún cambio en las pruebas de función pulmonar en relación con el entrenamiento de los músculos inspiratorios, ni en los flujos espiratorios ni en los volúmenes estáticos.

En cuanto a la capacidad de ejercicio no parece que, en situaciones de afectación funcional grave, el entrenamiento muscular se acompañe de modificaciones en el consumo máximo de oxígeno, pero cuando el grado de obstrucción es menor, si se ha descrito un incremento significativo de la capacidad de ejercicio máximo.

Mejores resultados se obtienen en la tolerancia al ejercicio submáximo, puestos de manifiesto tanto por el incremento en la distancia recorrida durante el test de marcha como por el aumento en el tiempo de tolerancia al ejercicio submáximo estable (Sánchez Riera et al

1997). Sin embargo también en este aspecto existen numerosas discrepancias ya que los resultados no se confirman en todos los estudios.

El entrenamiento muscular inspiratorio ha demostrado ser eficaz en la disminución de la sensación de disnea durante el ejercicio, probablemente como consecuencia del incremento en la fuerza muscular dado que existe una relación directa entre la presión inspiratoria máxima y el grado de disnea valorado tanto mediante escalas semicuantitativas como por cuestionario clínico.

El entrenamiento inspiratorio es, en el momento actual, un tema abierto, con datos a favor y datos en contra de su realización.

Entre los primeros hay que señalar que el entrenamiento muscular es técnicamente posible, que se asocia a un incremento en los parámetros de fuerza y que se acompaña de modificaciones en la estructura del músculo. En contra del entrenamiento se puede decir que sus indicaciones no están bien establecidas, que los resultados clínicos son poco consistentes y que el fallo muscular no es el principal factor limitante al ejercicio.

Como se ha señalado en el apartado anterior existen muchas discrepancias en cuanto a sus resultados. Estas diferencias pueden ser explicadas por diversos motivos:

- a) Diferencias en los criterios de selección de pacientes.
- b) Diferencias en los métodos de entrenamiento.
- c) Diferencias en el cumplimiento del entrenamiento.
- d) Diferencias en los períodos de entrenamiento.

Aunque en teoría la metodología de los programas de entrenamiento es muy homogénea, en la práctica existen diferencias que afectan tanto a la técnica como a la intensidad y duración del mismo. Con respecto a la duración se ha visto que debe ser superior a 8 semanas, tiempo mínimo necesario para conseguir cambios adaptativos musculares. En cuanto a la intensidad y especificidad parece ser muy importante el adecuado control de la respiración durante las sesiones de entrenamiento. Se ha visto que los programas de entrenamiento muscular que consiguen mejores resultados son aquellos en los que, además de aplicar una resistencia adecuada, entre el 30 y el 40% de la PIM, se mantiene un control del

flujo inspiratorio y del patrón de la respiración, fundamentalmente de la relación tiempo inspiratorio/tiempo total.

Para concluir podemos decir que, aunque con los resultados obtenidos el entrenamiento muscular no debería aplicarse de forma indiscriminada en todos los casos, si que debe considerarse su indicación cuando se establece el plan de actuación en un programa de rehabilitación respiratoria de pacientes con EPOC.

VII.4- Programa tipo de reeducación respiratoria

Sesiones de tratamiento que deben ser diarias (Resqueti et al 2007).

- *Duración de la sesión con períodos de actividad sostenida alrededor de 20 a 30 min.* Los pacientes con obstrucción severa no pueden tolerar el entrenamiento con esta intensidad y se recomienda intervalos de 2-3 min de ejercicio (o según la tolerancia de paciente) con 60-80 % de la capacidad máxima de ejercicio alternando con iguales períodos de descanso, varias veces en una misma sesión.
- *Intensidad de la sesión.* Si se dispone de los resultados de la prueba integral de ejercicio, se debe establecer un nivel de trabajo inicial que represente el 60-80 % del trabajo máximo alcanzado en la prueba o el 60-75 % del VO₂max; si la frecuencia cardiaca no se encuentra alterada por afección cardíaca o pulmonar, o por el tratamiento, se puede utilizar un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima para determinar la intensidad (60-80 %); si no se cuenta con alguno de los parámetros anteriores, es posible determinar las metas del ejercicio y sus incrementos de acuerdo con la tolerancia sintomática y no con base en medidas predeterminadas (ejercicio limitado por síntomas).

Existen algunos autores que utilizan el 40 % de la PIM; en nuestra experiencia se utilizaría entre el 70-80 % de la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en la prueba.

- *Período mínimo de entrenamiento:* 8 semanas.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Agusti-Vidal A.(1986) *Neumología básica*. Madrid: Ideosa

Ahmedin Jemal DVM, Elizabeth Ward PHD, Yonping Hao PHD, Michael Thun MD,(2005) *Trends in the leading causes of death in the United States 1970-2002*. Jama.294:125 5-1259

American Thoracic Society. European Respiratory Society. ATS/ERS Standardization of Lung Function Testing: General Considerations for Lung Function Testing 2005. [última consulta 12 Diciembre 2008].

<http://www.thoracic.org/sections/publications/statements/pages/pfet/pft1.html>

American Thoracic Society. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. A statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society.(1999) Am J Respir Crit Care Med ; 159: S1-S40.

Antonello M, Delplanque D.(2001) *Fisioterapia respiratoria del diagnóstico al proyecto terapéutico*. Paris: Masson.

Bednarek M, Gorecka D, Wielgomas J, Czajkowska-Malinowska M, Regula J, Mieszko-Filipczyk G, et al.(2006) *Smokers with airway obstruction are more likely to quit smoking*. Thorax ; 61: 869-873.

Bellemare F,Jeanneret A, Couture J, (2003) *Sex differences in thoracic dimensions and configuration* Am. Journal of Resp. 305-312

Bellemare JF, Cordeau MP, MD, Leblanc P, and Bellemare F,(2001) *Thoracic Dimensions at Maximum Lung Inflation in Normal Subjects and in Patients With Obstructive and Restrictive Lung Diseases* CHEST February vol. 119 no. 2 376-386

Bellemare JF,cordeau MP, Leblanc P, Bellemare F(2001)*Thoracic dimensions at maximum lung inflation in normal subjects and in patients with obstructive and restrictive lung diseases*. Chest :119:376-86

Boczkowski J, Lanone S, Ungereau-Longrois D, Danialou G, Fournier T, Aurbier M.(1996) *Induction of diaphragmatic nitric oxide synthase after endotoxin administration in rats.* J Clin Invest ; 98: 1550-1559.

Braun NMT, Arora NS, Rochester DF. (1982) *Force length relation ship on the normal human diaphragm.* J Appl Physiol ; 53: 405-412.

Braun NMTM, Faulkner J, Hughes R L.(1983) *When should respiratory muscles be exercised?* Chest ; 84:76-84.

Cala SJ, Edyvean J, Rynn M, Engel LA. (1992) *O2 cost of breathing: ventilatory vs loads.* J Appl Physiol 1992 ; 72: 1720-1727.

Calverley P, Anderson J, Celli B, Ferguson G, Jenkins C, Jones P, et al. (2007) *Salmeterol and Fluticasone Propionate and Survival in Chronic Obstructive Pulmonary Disease for the TORCH investigators.* New England Journal of Medicine; 356:775-789.

Celli B, Cote C, Marin J, Casanova C, Montes de Oca M, Mendez R. (2004) *The Body-Mass Index, Airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise Capacity Index in Chronic Obstructive Pulmonary Disease.* New England Journal of Medicine; 350:1005-1012.

Charbonneau G, Sudraud M, Racineux JL, Meslier N, Tuchais E. (1987) *Forced expiration in normal subjects.* Chest november; 92 :825-831

Clack CJ, Cochrane L, Mackay E.(1996) *Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD.* Eur Respir J ; 9: 2590-2596.

Costa D.,Sampaio LM.,Lorenzo VA.(2003). *Evaluacion de la fuerza muscular respiratoria y amplitud toracica y abdominal despues de la RFR en individuos* Rev.Latino-Am.Enfermagen mar/abr. vol.11n°2p.156-160

Criner GJ, Celli B.(1988) *Effect of unsupported arm exercise on ventilatory obstruction recruitment in patients with severe chronic airflow.* Am Rev Respir Dis ; 138: 856-861.

De Lucas Ramos P, Rodríguez González-Moro JM, Rubio Socorro.(2004) *Obesidad y función pulmonar* arch. Bronconeumol ;40:27-31

De Marco R, Accordini S, Cerveri I, Corsico A, Antó J, Künzli N, et al.(2007) *Incidence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in a Cohort of Young Adults According to the Presence of Chronic Cough and Phlegm*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine; 175: 32-39.

De Troyer A, Estenne M, Ninane V, Van Gansbeke D, Gorini M.(1990) *Transversus abdominis muscle function in humans*. J Appl Physiol ; 68: 1010-1016.

De Troyer A, Estenne M.(1988) *Functional anatomy of the respiratory muscles*. Clin Chest Med ; 9(2):175-193.

De Troyer A, Heilporn A.(1980) *Respiratory mechanics in quadriplegia. The respiratory function of the intercostal muscles*. Am Rev Respir Dis ; 122: 591-600.

De Troyer A, Kelly S, Macklem PT.(1985) *Mechanics of intercostal space and actions of external space and actions of external and internal intercostal muscles*. J Clin Invest ; 75: 850.

DeTroyer A, Sampson M, Sigrist S.(1981) *The Diaphragm :two Muscles* Science ;213 :237

De Troyer A.(1996) *Muscles respiratoires*. Pneumologie , 15, 92-8.

DeTroyer A, Gilmartin JJ, Ninane V.(1989) *Abdominal muscle use during breathing unanesthetized dogs*. J Appl Physiol ; 66: 20-27.

Decramer M, Stas K. (1992) *Corticosteroid induces myopathy involving respiratory muscles in patients with COPD or asthma*. Am Rev Respir Dis ; 146: 800-802.

Dekhuijzen PR, Folgering HT, Van Herwaarden CL.(1991) *Target-Flow inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in patients with COPD*. Chest ; 99: 128-133.

Dempsey JA, Johnson BD, Saupe KW.(1990) *Adaptations and limitations in pulmonary system during exercise*. Chest ; 97: S81-S87.

Enright SJ, Viswanath B, Heward C, Withnall DD.(2006) Effect of High *Intensity inspiratory muscles training on lung volumes, diaphragm thickness and exercise capacity subject who are healthy*. Physical Therapy ; 3: 345-354.

Epstein SK. (1994) *An overview of respiratory muscle function*. Clin in Chest Med ; 15(4), 619-39.

Faulkner JA, Green HJ, White TP.(1993) *Skeletal muscle responses to acute and adaptations to chronic physical activity. Physical activity, fitness and health*. En: Bouchard C, Shepard R, Stéphen T, editores. Champaign IL, Human Kinetics Publishers,.

Faulkner JA. (1968) *New perspectives in training for maximum performances*. JAMA ; 205: 741-746.

Figuroa JM, Gauna L, Roque M, Primrose D, (2004) *Estrechez relativa de las vías aéreas en niños con broncoespasmo inducido por el ejercicio*. Arch pediatr.arg.102

Fiz JA, Gallego M, Izquierdo J, Ruiz J, Roig J, Morera J.(1990) *Variation in maximum inspiratory and expiratory pressure after application of inspiratory loads in patients with COPD*. Chest ; 97: 618-620.

Gaensler EA, Wright GW.(1966) *Evaluation of respiratory impairment*. Arch Environ Health ; 12: 146-189.

Galdiz J B, Comtois N, Salazkin I, Sinderby C.(1995) *Diferente regulación del diafragma derecho e izquierdo durante hipoperfusión hemidiafragmática*. Arch. Bronconeumol ; 31: S1.

García-Río F, Pino JM, Dorgham A. , Alonso A, Villamor J.(2004) *Spirometric reference equations for European females and males aged 65–85 yrs*. Eur Respir J ; 24: 397–405

Goldstein RS.(1993) *Ventilatory muscle training*. Thorax ; 48: 1025-1033.

Gonzalez J.,Straus C.,(2007) *Muscles respiratoires et contrôle de la ventilation* .Rev.des mal.respir. janvier

Hardie A, Buist A, Vollmer W, Ellingsen I, Bakke P, Morkve O,(2002) *Risk of over diagnosis of COPD in asymptomatic elderly never smoker.*Eur.Resp.Jour. 20;1117-1122

Hards JM, Reid WD, Pardy RL.(1990) *Respiratory muscle fibers morphometry. Correlation with pulmonary function and nutrition.* Chest ; 97: 1037-1044.

Harms CA, McClaran SR, Nickele GA, Pegelow DF, Nelson WB Dempsey JA.(1998) *Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy young women.* J. Physiol. (Lond). 619–28

Heather M, Ochs-Balcom Phd, Brydon JB, (2005) *Pulmonary Function and abdominal adiposity in general population.* Chest Journal

Hillegass E, Sadowsky H. (2001) *Essentials of Cardiopulmonary Physical Therapy*, ed 2. Philadelphia, Saunders

Hugo Amigo C, Marcia Erazo B, Manuel Oyarzún G, Sergio Bello S, Armando Peruga U.(2006).

Tabaquismo y enfermedad pulmonar obstructiva crónica: determinación de fracciones atribuibles Rev Méd Chile ; 134: 1275-1282

Hyatt RE.(1986) Force expiration. En: Fishman AP, Macklem PT, Mead J. *Handbook of physiology.* New York: American Physiological Society ; 295-314.

Inselma LS, Milanese A, Deurloo A.(1993) *Effect of obesity on pulmonary function in children.* *Pediatr Pulmonol* ;16:130

Itabashi S. (2003) *Lung function test for COPD.* Nippon-Rinsho 2003 Dec; 61(12):2150-7.

Jammes Y, Auran Y, Gouvernet J, Delpierre S, Grimaud C. (!979) *The ventilation pattern of conscious men according to age and morphology.* Bull Eur Physiopathol Respir ;15:527– 540., 25

Knudson, RJ, Slatin, R C, Lebowitz, MD, et al (1976) *The maximal expiratory flow-volume curve: normal standards, variability, and effects of age.* Am. Rev. Respir. Dis. ;113,587-600

Larson JL, Covey MK, Berry J, Wirtz S, Alex CHG, Matsuo M.(1999) *Discontinuous incremental threshold loading test. Measure of respiratory muscle endurance in patients with COPD.* Chest ; 115: 60-67.

Lazarus R, Sparrow D, Weiss ST.(1997) *Effects of obesity and fat distribution on ventilatory function: the normative aging study.* Chest ;111:891-8.

Lee J, Lee D, Kim E, Choe K, Oh Y, Shim T, et al.(2005) *Simvastatin Inhibits Cigarette Smoking-induced Emphysema and Pulmonary Hypertension in Rat Lungs.* American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine ; 172: 987-993.

Leevers AM, Road JD.(1989) Mechanical response to hyperinflation of the two abdominal muscle layers. J Appl Physiol ; 66: 2189-2195.

Leith DE, Bradley M.(1976) *Ventilatory muscle strength and endurance training.* J Appl Physiol ; 41:508-516.

Levine S, Kaiset L, Leferovich J, Tikunov B.(1990) *Cellular adaptations in the diaphragm in chronic obstructive pulmonary disease.* N Engl J Med ; 337: 1799-1806.

Light RW.(1995) *Pleural Diseases.* Ed Baltimore: Williams & Wilkins;

Lucia Mulas A. (1995) *La ventilación pulmonar durante el ejercicio.* En: Lopez Chicharro J. *Fisiología del Ejercicio.* Ed. Medica Panamericana S.A.

Macklem P T, Macklem D M, De Troyer A.(1983) *A model of inspiratory muscle mechanisms.* J Appl Physiol ; 55: 547-557.

Mannino D, Buist A, Vollmer W, (2007) *Chronic obstructive pulmonary disease in the adult: what defines abnormal lung function?* Thorax 62:237-241

Marion L, Dickman C, Duwayne S, Reed M,(1971) *Spirometric standards for normal children and adolescents .* American review of respiratory disease

Martínez F, Curtis J, Scirba F, Mumford J, Giardino N, Weinman G.(2007) *Sex differences in severe pulmonary emphysema*. Am.Jour.of resp.and crit.Med. 176;243-252

Martínez FJ, Couser JL, Celli B.(1990) *Factors influencing ventilatory muscle recruitment in patients with chronic airflow obstruction*. Am Rev Respir Dis , 142; 276-282.

Martínez FJ, Couser JL, Celli B.(1991) *Respiratory response to arm elevation in patients with chronic airflow obstruction*. Am Rev Respir Dis ; 143: 476-480.

Martyn JB, Moreno RH, Paré PD, Pardy RL.(1987) *Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading*. Am Rev Respir Dis ; 135: 919-923.

Masseti de Alasino MC.(1998) *Fundamentos en Fisioterapia para optimizar la mecánica respiratoria*. Rev. Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología ; 2:75-78.

Matran R.,Gouilly (2006) P.,*Parametres de l'exploration fonctionelle pour la kinesitherapie respiratoire*. Kinesitherapie

Mendoza L(2008) *Nuevas perspectivas para la enfermedad pulmonar crónica obstructiva* Medwave,Año VIII n° 8

Menezes AM, Perez-Padilla, JardimJR, Muiño A, Lopez MV, Valdivia G, (2005) *Chronic Obstructive pulmonary disease in five Latin American cities* .Lancet ; 366:1875-81

Miller MR, Pincock AC.(1988) *Predicted values: how should we use them?*Thorax; 43: 265-267.

Morris MJ, Magdwick RG, Frew AJ, Lane DJ.(1990) *Breathing muscle activity during expiration in patients with chronic airflow obstruction*. Eur. Respir J ; 901-909.

Mota-Casal S. (2005) *Cual es el papel del entrenamiento de los músculos inspiratorios en el tratamiento de la EPOC*. Arch.bronconeumol. 41:593-5

Murray JF, Nadel JA. (1998) *Text book of respiratory Medicine*. Philadelphia: W. B. Saunders;

Naberan K, De la Roza C, Lamban M, Gobartt E, Martín A, Miravittles M. (2006) *Utilización de la espirometría en el diagnóstico y tratamiento de la EPOC en atención primaria*. Arch Bronconeumol ; 42:638-44.

Nakamura M, Matsui T, Ohrui T, Kida K, Yamaya M, Sasaki H.(2002) *Gender crossover of lung function*. Geriatrics and Gerontology International ; 2: 127–130

Needham D.M. (1926) *Red and white muscle*. Physiol Rev ; 6: 1.

Nickerson BG, Keens TG.(1982) *Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure*. J Appl Physiol ; 52: 768-772.

Ninane V, Rypens F, Yernault JC, De Troyer A.(1992) *Abdominal muscle use during breathing in patients with chronic airflow obstruction*. Am Rev Respir Dis; 146:16-21.

Nunn JF.(1999) *Applied Respiratory Physiology*. 5th edition. London: Butterworth-Heinmann Medical .

OMS (1998) *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Report of a WHO consultation on obesity. Ginebra. Suiza. 98 pp.

Ortega F, Ruiz J, Madrazo J, Sánchez Riera H, Olloqui E, Fernández J. (1996) *Actividad de la musculatura espiratoria abdominal en pacientes con enfermedad crónica pulmonar obstructiva estable*. Arch Bronconeumol ; 32: 23-28.

Owen MVV, Milligan SA.(1995) *Pleuritis and pleural effusions*. *Current Opinion in Pulmonary Medicine* ; 1: 318-323.

Pardy RL, Reid W D, Belman MJ.(1988) *Respiratory muscle training*. Clin Chest Med ; 9(2):287-296.

Pinet C. (2004) *Propriétés mécaniques et fonctionnelles de la cage thoracique*. Rev.Mal .Respir. :21 :652-5

Powers SK, Criswell D.(1996) *Adaptative strategies of respiratory muscles in response to endurance exercise*. Med Sci Sports Exerc ; 28: 1115-1122.

Powers SK. (1996) *Respiratory muscle perfusion and energetics during exercise*. Med Sci Sports Exerc ; 28: 1123-1128.

Pride N B, Macklem P T.(1986)*Lung mechanics in disease*. En: Fishman AP, Macklem PT, Mead J, editores. Handbook of Physiology. New York: American Physiological Society, 659-692.

Quiles Molina M.N, Santos Ramirez B, Cordova Mendoza C, Sahagun Castorena E,(2007) *.Correlacion entre la funcion respiratoria y la obesidad, en niños de 10 a12 años de edad*. Salud Tab ;13(1) :568-572

Ragnarsdóttir M., Kolbrun Kristinsdóttir,E. (2006) *Breathing Movements and Breathing Patterns among Healthy Men and Women 20–69 Years of Age*. Respiration ;73:48–54

Rampulla C, Ambrosino N.(1991) *Inspiratory muscle training and rest in COPD patients*. Eur Respir Rev ; 1: 490-497.

Regular Physical Activity Modifies Smoking-related Lung Function Decline and Reduces Risk of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Population-based Cohort Study.(2007) American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine ; 175: 458-463.

Reid MB, Shoji J, Moody MR, Entman ML.(1992) *Reactive oxygen in the lethal muscle II. Extracellular release of the radicals*. J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol ; 73: 1805-1809.

Rennard S, Fogarty C, Kelsen S, Long W, Ramsdell J, Allison J, et al.(2007) *The Safety and Efficacy of Infliximab in Moderate to Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine ; 175: 926-934.

Report working party. *Standardization of lung function tests*. Official statement of the European society. Airway Responsiveness: Standardized challenge testing with pharmacological physical and sensitizing stimuli in adults. Eur Respir 1993; 6 Suppl 16:53-83.

Resqueti VR, Gorostiza A,(2007) *Beneficios de un programa de rehabilitación respiratoria domiciliaria en pacientes con EPOC grave* Arch.Bronconeumol. Vol. 43, num11

Roca J. (1990) *Aplicaciones clínicas de las pruebas de función pulmonar*. En Ancic Cortez P, Clark TJH (editores). *Enfermedades respiratorias. Utilidad del laboratorio*. Santiago de Chile: Camugraf Ediciones Científicas, : 171-190.

Rochester DF. (1991) *The diaphragm in COPD: better than expected, but not good enough*. N Engl J Med ; 325: 961-962.

Rodríguez Martínez C, Sossa MP, Falla S,(2005) *Spirometry referente value in Healthy children and teenagers an Bogota City*. *Revista Medica Sanitas*

Rodríguez Panadero F.(1993) *Consideraciones anatómicas y fisiológicas sobre el espacio pleural*. En: Rodríguez Panadero F. *Patología pleural*. Barcelona: Ed Doyma; 1-5.

Rotes-Querol J.,Mitja J., (1968) *Rib mobility (chest expansion) in normal subjects* Rev Rhum Mal Osteoartic. Nov;35(11):601-2.

Sabry S.,Holzer A.,Dinh AT.,(2005) *Physiologie respiratoire: mecanique de la respiration et equation du mouvement respiratoire* .Itbm. Rbm :Vol 26 jan. p.2-4

Sahn SN. (1998) *The pleura*. Am Rev Respir Dis 138:184-234.

Sanchez Riera H.(1997) *La preparación muscular para el entrenamiento de los musculos respiratorios en el paciente con EPOC*. Neumosur 1997; vol 9 num 3

Sánchez Riera H., Montemayor Rubio , Ortega Ruiz, Cejudo Ramos, Del Castillo Otero, Elias Hernandez,and Castillo Gomez (2001) *Inspiratory Muscle Training in Patients With COPD** Chest September 120:748-756;

Sanchís J, Casan P, Castillo J, González N, Palenciano L, Roca J. (1989) *Normativa para la práctica de la espirometría forzada*. Arch Bronconeumol ; 25: 132-42.

<http://www.separ.es/publicaciones/recomendaciones/rec01.pdf> (12 de Diciembre de 2008).

Schirnhofner L, Lamprecht B, Vollmer W, Allison M, Studnicka M, Jensen R, et al.(2005) *COPD Prevalence in Salzburg, Austria: Results From the Burden of Obstructive Lung Disease (BOLD) Study. Chest ; 131: 29–36*

Sharp JT.(1985) *Therapeutic considerations in respiratory muscle function. Chest ; 88: S118-S123.*

Sieck G, De Troyer A, Sampson M, Sugrass S, Macklem PT.(1987) *Action of costal and crural parts of diaphragm in dogs. J Appl Physiol ; 53: 30-39.*

Simpson K, Killian K, McCartney N, Stubbing DG, Jones NL.(1992) *Randomised controlled trial of weight lifting exercise in patients with chronic air flow limitation. Thorax ; 47: 70-75.*

Smith K, Cook D, Gordon H (1992). *Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: a meta-analysis. Am Rev Respir Dis ; 145: 533-539.*

Souchard P.H.E (1980), *Le diaphragme* . ed. Maloine

Stenius-Aarniala B, Poussa T, Kvarnstrom J, et al.(2000) *Immediate and long term effects of weight reduction in obese people with asthma: randomised controlled study. BMJ ; 320:827–832.*

Stenius-Aarniala B, Poussa T, Kvarnstrom J, et al.(2000) *Immediate and long term effects of weight reduction in obese people with asthma: randomised controlled study. BMJ ; 320:827–832.*

Stuart I.F.,(2008) *Fisiología Humana* ed.Mc Graw Hill Madrid p.510-551

Tashkin D, Celli B, Decramer M, Liu D, Burkhart D, Cassino C, et al. (2008) *Bronchodilator responsiveness in patients with COPD. European Respiratory Journal ; 31: 742-750.*

Tenny SM, Reese RE.(1968) *The ability to sustain great breathing efforts. Respir Physiol ; 5: 187-201.*

Tobin M, Chadha T, Jenouri G, Birch S, Gazeroglu H, Sachner M (1983) *Breathing patterns. 1. Normal subjects. Chest ;84:202–205*

Tresequerres JA, (2005) *Fisiología humana*. Mac Graw Hill Madrid

Universidad de Lleida. Espirometría. [Sitio en internet]. Disponible en:

<http://www.udl.es/exploracion/contenidos/texpl2/espirometria.2004>. (15 de Noviembre de 2008).

Valenza Demet G, Gonzalez Doniz L, Yuste Sanchez MJ.(2005) *Manual de fisioterapia respiratoria y cardíaca*. Madrid: Síntesis;

Varraso R, Fung T, Hu F, Willett W, Camargo C.(2007) *Prospective study of dietary patterns and chronic obstructive pulmonary disease among US men*. Thorax ; 62: 786-791.

Verges S., Spengler C. (2007), *Entraînement des muscles respiratoires et performance a l'exercice chez le sujet sain*. Rev.des mal.respir.janvier

Verschakelen JA, Demedts MG (1995) .*Normal toracoabdominal motions. Influence of sex, age, posture, and breath size* Am.j Resp. Crit. Care Med.

West JB.(2005) *Fisiología Respiratoria*. Madrid: Panamericana

Williams J, Rassulo J, Wislow C. (1992) *Diaphragmatic and scalene electrical alternans: fatigue prevention in inspiratory loaded breathing?*. Am Rev Respir Dis ; 145: A147.

Willput R. (2000) *Muscles et mouvements respiratoires*. Paris : Laboratoire Boehringer Ingelheim .

Young P, Hopkins R, Eaton T.(2007) *Forced expiratory volume in one second: not just a lung function test but a marker of premature death from all causes*. European Respiratory Journal; 30: 616-622.

Zhong N, Wang C, Yao W, Chen P, Kang J, Huang S,(2007) *Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in China:A large population based survey*. Am.Jour.of resp.and crit.Med. 176;753

ANEXOS

Tablas

Tabla 1.1 Ejemplos prácticos de valores espirométricos

Tabla 4.1 Frecuencia y porcentaje de los sujetos de la muestra según sexo

Tabla 4.2 Valores medios con sus desviaciones típicas y Rango, para la variable Edad, en la muestra total y diferenciando por sexo.

Tabla 4.3 Valores medios con sus desviaciones típicas de las variables antropométricas: Talla, Peso, IMC (Kg/m²) de la muestra total y diferenciando por sexo. Se indica el rango en que están comprendidas las medidas de las variables.

Tabla 4.4 Valores medios con sus desviaciones típicas, de las medidas de Movilidad Torácica, Abdominal y n° de ciclos respiratorios por minuto en la muestra total y diferenciando por sexo.

Tabla 4.5 Valores medios con sus desviaciones típicas, del n° de ciclos respiratorios por minuto en la muestra total y diferenciando por sexo.

Tabla 4.6 Valores medios con sus desviaciones típicas de los parámetros espirométricos registrados en todos los sujetos de la muestra y diferenciando por sexo.

Tabla 4.7 Valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas del porcentaje de los valores espirométricos normales, de todos los sujetos de la muestra y diferenciando por sexo.

Tabla 4.8 Comparación de los valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas, de las variables Edad, Talla, Peso e IMC entre hombres y mujeres de la muestra. Se consideró significativo para valores de $p < 0,05$.

Tabla 4.9 Comparación de los valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas de las medidas de movilidad axilar, xifoidea, abdominal y n° de ciclos inspiratorios y espiratorios por minuto entre hombres y mujeres de la muestra, con indicación de la significación estadística.

Tabla 4.10 Comparación de los valores medios con sus correspondientes desviaciones típicas de los parámetros antropométricos entre hombres y mujeres de la muestra, con indicación de la significación estadística.

Tabla 4.11 Correlación entre los valores antropométricos y los ciclos respiratorios.

Tabla 4.12 Correlación de la edad y valores antropométricos y movilidad torazo-abdominal.

Tabla 4.13 Correlación de los datos antropométricos y los valores espirométricos.

Tabla 4.14 Correlación de los valores espirométricos con las medidas de movilidad torazo-abdominal.

Tabla 4.15 Numero de ciclos inspiratorios.

Tabla 4.16. Numero Ciclos espiratorios.

Tabla 4.17 Capacidad vital del sujeto.

Tabla 4.18 Volumen espiratorio en un segundo.

Tabla 4.19 Capacidad vital/Volumen espiratorio máximo en un segundo.

Tabla 4.20 Afectación de vías finas.

Tabla: 4.21 Volumen de estudio de la fuerza.

Tabla: 4.22 Capacidad vital del sujeto con modelo 1-2-3.

Tabla 4.23 Volumen espiratorio máximo en un segundo con modelo 1-2-3-4.

Tabla 4.24 Afectación de vías finas con modelo 1-2.

Tabla 4.25 Volumen de la fuerza con modelo 1-2-3.

Figuras

Figura 1.1 Volúmenes pulmonares Fuente: J.Villamor León .Neumología 1997

Figura 1.2 Representación Flujos aéreos Fuente: J.Villamor León Neumología 1997

Figura 1.3 Representación curva flujo-volumen

Figura 1.4 Realización de una espirometría. Fuente: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus>

Figura 1.5 Representación de la caja torácica. Fuente: Reuben and Cherniack.Respiration in Health and Disease. 1961

Figura 1.6 Morfología vértebras dorsales. Fuente: wikimedia.org

Figura 1.7 Representación grafica niveles vertebrales en la caja torácica. Fuente: <http://www.scoliosisjournal.com/content/figures/1748-7161-1-17-1.jpg>

Figura 1.8 Eje de rotación de la costilla y sus implicaciones en el incremento del área plano vertical

Figura 1.9 Acción mecánica del diafragma cuando la costilla se mueve

Figura 1.10 Representación esquemática de las acciones del diafragma cuando el centro frenico permanece fijo

Figura 1.11. Referencias anatómicas de la exploración torácica. Fuente: <http://www.med.mun.ca/anatomyts/thorax/surf.gif>

Figura 1.12 .Representación gráfica de la pleura y su relación con la caja torácica y con los pulmones. Fuente: <http://www.ghi.com/WebMD/topics/pleura.jpg>

Figura 1.13. Anatomia Netter Netter F.H.

Figura 1.14. Representación grafica del diafragma, visión infero-superior. Fuente: <http://anatomy.med.umich.edu/images/diaphragm.jpg>

Figura 1.15. Movilidad del diafragma en posición vertical. Fuente: Valenza y col 2006

Figura 1.16. Movilización del diafragma en decúbito lateral. Fuente: Valenza y col 2006

Figura 1.17. Mecánica de la contracción del diafragma.

Figura 1.18. Interpretación de la grafica por el aparato espirómetro Spirolab

Figura 1.19. Foto del espirómetro Spirolab utilizado en la recolección de datos

Figura 1.20. Medición de la movilidad a nivel axilar en espiración

Figura 1.21. Medición de la movilidad a nivel xifoideo

Figura 1.22. Medición de la movilidad a nivel abdominal

Abreviaturas

VC o VT: Volumen corriente o Tidal

VRI: Volumen de reserva inspiratorio

VRE: Volumen de reserva espiratorio

VRI: Volumen de reserva inspiratorio

CV o VC: Capacidad Vital

VR: Volumen residual

CPT o TLC: Capacidad pulmonar total

FVC o CVF: Capacidad vital forzada

FEV1 O VEMS: Volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada

FEV1%: Relación FEV1/FVC

FEF 25%-75%: Flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la capacidad vital forzada.

LP: Líquido pleural

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

Pimax: Presión máxima Inspiratoria

Pemax: Presión máxima Espiratoria

IMC: Índice masa corporal

SEPAR: Sociedad Española de patología respiratoria

ATS: American Thoracic Society

ERS: European Respiratory Society

CO₂: Carbonico

O₂: Oxigeno

V_a: ventilación alveolar

AA_X: Movilidad a nivel axilar

AX_F: Movilidad a nivel xifoideo

AA_B: Movilidad a nivel abdominal