UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Efectividad de la espirometría incentivada vs entrenamiento de músculos respiratorios, en el postoperatorio de pacientes con cirugía de abdomen y tórax.

Luz Kimberly Moreno Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Fisiología
Bogotá D. C. Colombia
2016

Efectividad de la espirometría incentivada vs entrenamiento de músculos respiratorios, en el postoperatorio de pacientes con cirugía de abdomen y tórax.

Autor: Luz Kimberly Moreno Rodríguez
Código 05598540

Trabajo de grado para optar el título de
Magister en Fisiología

Director:
Dr. Oscar Armando García Vega, MD, MSc, Ph D.
Magister en Farmacología
Doctor en Farmacología y Terapéutica
Profesor Asociado Facultad de Medicina
Universidad Nacional de Colombia

Codirectora:
Dra. Alejandra Cañas Arboleda
MD. Internista Neumóloga
Jefe Unidad de Neumología
Hospital Universitario San Ignacio
Profesora Asociada Pontificia Universidad Javeriana

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Fisiología
Bogotá D. C. Colombia
2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

A Dios por ser mi sustento, por darme la sabiduría y la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mi amado esposo Darío Fernando, mis hijas Valentina, Isabella Sofía y Saráh Lucciana, por su tiempo, amor y respaldo.

A mis padres y hermana por ser mi fuente de inspiración, por ser mis primeros maestros, por enseñarme a construir mis sueños, por apoyarme en todo tiempo.

A mi familia, los amo a todos.

AGRADECIMIENTOS

A mi maestro y director de tesis, Dr. Oscar Armando García, por su orientación, respaldo y ejemplo. Por ver siempre las oportunidades en medio de la adversidad, por ser molde, modelo y ejemplo como profesional y como persona.

Al Dr. Miguel Eduardo Martínez por contagiarme su pasión por la fisiología, por enseñarme una perspectiva diferente de entender el mundo, por su servicio a través del conocimiento.

A la Dra. Alejandra Cañas por su acompañamiento, motivación y respaldo para la realización de este proyecto.

A mis docentes y compañeros de maestría por ser parte de mi proceso de formación.

A la Universidad Nacional de Colombia por su alto nivel de formación y apoyo a sus estudiantes.

Al Hospital Universitario San Ignacio por darme la oportunidad de formarme profesionalmente dentro de la Unidad de Neumología, al Dr. Julio Castellanos, por abrir las puertas para la realización de este proyecto de investigación, al Dr. Darío Londoño por la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, a mis colegas y compañeros por su colaboración. A mis pacientes por su participación.

A Andrés Felipe Palacios, estudiante de estadística de la Universidad Nacional de Colombia, por su orientación y apoyo en la elaboración de este proyecto.

Contenido

LISTA DE FIGURAS **9**

LISTA DE TABLAS **10**

RESUMEN **11**

SUMMARY **13**

1. INTRODUCCIÓN **15**

2. MARCO TEÓRICO **17**

2.1. Fisiología Respiratoria **17**
2.1.1. Mecánica de la Ventilación Pulmonar 17
2.1.1.1. Fase inspiratoria 18
2.1.1.2. Fase espiratoria 18
2.1.2. Presiones pulmonares 19
2.1.2.1. Presión pleural o intrapleural 20
2.1.2.2. Presión alveolar 20
2.1.2.3. Presión transpulmonar 20
2.1.3. Distensibilidad pulmonar 22
2.1.4. Surfactante y tensión superficial de los alvéolos 23
2.1.5. Factores que intervienen en la apertura alveolar 24
2.1.6. Volúmenes y capacidades pulmonares 24
2.1.6.1. Volúmenes pulmonares 25
2.1.6.2. Capacidades pulmonares 25
2.1.6.3. Volumen respiratorio minuto 26
2.1.7. Ventilación alveolar 26
2.1.8. Espacio muerto 26
2.1.9. Resistencia de la vía aérea 26

2.2. Influencia de las cirugías abdominales y de tórax en la mecánica ventilatoria **28**

2.3. Complicaciones pulmonares postoperatorias **29**

2.4. Fisioterapia respiratoria **31**
2.4.1. Espirometría incentivada 34
2.4.1.1. Dispositivos 35
2.4.1.1.1. Incentivo Respiratorio orientado al volumen 37
2.4.1.1.2. Incentivo Respiratorio orientado al flujo 39
2.4.2. Entrenamiento de músculos inspiratorios (EMI) 40

2.5. La fisiología y la instrumentación 47
2.5.1. La espirometría y manovacuometría como medio de instrumentación 47
2.5.1.1. Espirometría 48
2.5.1.2. Manovacuometría 51

3. JUSTIFICACIÓN Y USO DE LOS RESULTADOS 53

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 56

5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 58

5.1. Objetivo general 58

5.2. Objetivos específicos 58

6. METODOLOGÍA 60

6.1. Diseño del estudio 60
6.1.1. Limitaciones y Sesgos 60
6.1.2. Consideraciones Éticas 61
6.1.3. Consentimiento informado 62
6.1.4. Conflicto de Intereses 62

6.2. Población, muestra y tamaño muestral 62
6.2.1. Población 62
6.2.2. Criterios de inclusión 63
6.2.3. Criterios de exclusión 63
6.2.4. Muestra y Cálculo del Tamaño de la Muestra 64

6.3. Variables 66

6.4. Hipótesis 67
6.4.1. Hipótesis Nula 67
6.4.2. Hipótesis Alterna 67

6.5. Procedimientos del estudio 67
6.5.1. Selección de los sujetos de estudio 67
6.5.3. Aleatorización 68
6.5.4. Mediciones 69
6.5.5. Implementación del protocolo por fisioterapia respiratoria. 70
6.6. Instrumentación 71

6.7. Análisis de Datos 73

7. RESULTADOS 74

7.1. Características Demográficas de la Población 74

7.2. Comparación entre los Grupos de Estudio 76
7.2.1. Presión Inspiratoria Máxima 78
7.2.2. Capacidad Vital Forzada 81
7.2.3. Volumen espiratorio Forzado en el primer segundo 84
7.2.4. Flujo Espiratorio Pico 86
7.2.5. Relación Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo/ Capacidad Vital Forzada 89
7.2.6. Capacidad Vital Inspiratoria Forzada 92
7.2.7. Flujo Inspiratorio Pico 95

7.3. Complicaciones Pulmonares Postoperatorias 97

8. DISCUSIÓN 99

8.1. Manovacuometría – Presión Inspiratoria Máxima 99

8.2. Variables Espirométricas 101

8.3. Complicaciones Pulmonares Postoperatorias 103

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 105

ANEXOS 107

ANEXO A. CONSENTIMIENTO INFORMADO 107

ANEXO B. REGISTRO Y TETS PARA EL INGRESO AL ESTUDIO. 112

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 114

Lista de figuras

Figura 1. Gráfica Volumen- Tiempo Fase inspiratoria y espiratoria. 17
Figura 2. Movimientos caja torácica en la espiración e inspiración. 19
Figura 3. Modificaciones del volumen pulmonar, presión alveolar, presión pleural y presión transpulmonar durante la respiración normal. 21
Figura 4. Presión transpulmonar durante el reposo, la inspiración, la espiración y la espiración forzada. 21
Figura 5. Diagrama de distensibilidad en una persona sana. 22
Figura 6. Diagrama que muestra los movimientos respiratorios durante la respiración normal y durante la inspiración y espiración máximas. 24
Figura 7. Coach 2® 37
Figura 8. Spiro-ball® 38
Figura 9. Voldyne® 5000 38
Figura 10. Incentivo Respiratorio RSB® 38
Figura 11. MedifloDuo® 39
Figura 12. Mediciser® 39
Figura 13. Triflo® 40
Figura 14.Respiron® 40
Figura 15. Threshold ® IMT 41
Figura 16. Powerbreathe ® 41
Figura 17. Spirolab III® 71
Figura 18. MicroRPM™ ® 72
Figura 19. Comparación de la PIM 80
Figura 20. Comparación entre grupos y momentos para la variable PIM 81
Figura 21. Comparación de la Variable FVC 83
Figura 22. Comparación entre grupos y momentos para la variable FVC 83
Figura 23. Comparación VEF1 85
Figura 24. Comparación entre grupos y momentos para la variable FEV 1 86
Figura 25: Comparación variable PEF 88
Figura 26. Comparación entre grupos y momentos para la variable PEF 89
Figura 27. Comportamiento variable FEV 1/FVC 91
Figura 28. Comparación entre grupos y momentos para la variable VEF1/CVF. 92
Figura 29. Comparación Capacidad Vital Inspiratoria Forzada 94
Figura 30. Comparación entre grupos y momentos para la variable FIVC 94
Figura 31. Comparativo variable Flujo Inspiratorio Máximo 96
Figura 32. Comparación entre grupos y momentos para la variable PIF 97

Lista de tablas

Tabla 1. Resumen de factores que promueven y mantienen la apertura alveolar o que previenen su cierre.....24
Tabla 2. Factores de riesgo para complicaciones pulmonares postoperatorias 29
Tabla 3Técnicas de Fisioterapia Respiratoria. 32
Tabla 4. Cuadro comparativo de estudios previos.....43
Tabla 5. Indicaciones de la Espirometría Tomado de(García-río et al., 2013).....49
Tabla 6. Contraindicaciones de la Espirometría Tomado de(García-río et al., 2013).....49
Tabla 7. Predicción de las Presiones Máximas por boca en adultos con una pieza acoplada a boca. 52
Tabla 8. Tabla operacional de las variables incluidas en el estudio. 66
Tabla 9. Características Demográficas de la Población. 75
Tabla 10. Estado Nutricional.....76
Tabla 11. Comparación entre los Grupos de Estudio.....77
Tabla 12. Factores de Riesgo para Complicaciones Pulmonares Postoperatorias encontrados en los diferentes grupos de estudio. 98

Resumen

Efectividad de la espirometría incentivada vs entrenamiento de músculos respiratorios, en el postoperatorio de pacientes con cirugía de abdomen y tórax

Las cirugías de tórax son procedimientos que pueden causar reducción en la función y mecánica respiratoria originada por la incisión quirúrgica que produce dolor, disminuyendo las fuerzas de distensión pulmonar y por ende, la capacidad de lograr un volumen corriente eficaz, sumado a la depresión inspiratoria a causa de los anestésicos creando un defecto pulmonar restrictivo y llevando al paciente a complicaciones pulmonares postoperatorias (CPP) como una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad. La fisioterapia respiratoria postoperatoria es una de las estrategias que pueden ser utilizadas para minimizar sus efectos a través de las técnicas de intervención, entre las cuales se encuentran la espirometría incentivada y el entrenamiento de músculos respiratorios a través de dispositivos terapéuticos.

Objetivo: Evaluar comparativamente la Presión Inspiratoria Máxima, Capacidad Vital Forzada, Capacidad Vital Inspiratoria Forzada, Volumen Espiratorio Forzado en el 1 segundo, Flujo Inspiratorio Pico y Flujo Espiratorio Pico, en el uso de los dispositivos: Incentivo Respiratorio RSB® vs Incentivo Respiratorio SpiroBall® vs Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT en pacientes con cirugía torácica.

Diseño: Ensayo clínico aleatorizado. Quince pacientes hombres y mujeres programados a cirugía torácica entre los 18 y 60 años de edad, se dividieron aleatoriamente en tres grupos: Grupo RSB (Grupo A) n=5 el cuál usó el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB Grupo SpiroBall® (Grupo B) n=5 el cual usó el incentivo respiratorio SpiroBall® y el Grupo Threshold® IMT (Grupo C) n=5 el cual uso el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold® IMT con una carga del 40% de la Presión Inspiratoria Máxima. A todos los pacientes se les realizó prueba de espirometría y manovacuometría en el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío (10 días). Después de su medición en el postoperatorio inmediato usaron el dispositivo asignado por el estudio.

Resultados: Los resultados evidenciaron que hubo un comportamiento similar en todos las variables medidas en el tiempo preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío en los tres grupos de intervención, mostrando mejoría posterior al procedimiento quirúrgico con la intervención de fisioterapia respiratoria postoperatoria y el uso de los dispositivos Incentivo Respiratorio RSB®, Incentivo Respiratorio SpiroBall® y el Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT; siendo estadísticamente significativo para la variable PIM después del uso del dispositivo Threshold IMT (p= 0,01587), y estadísticamente significativo para las variables FVC (p= 0,01587), el FEV1(p= 0,01587), PEF (p= 0,03175), CVIF (p= 0,01587). y PIF (p= 0,03175) después del uso del dispositivo Incentivo Respiratorio FRB. No se presentaron complicaciones pulmonares postoperatorias en ningún paciente del estudio.

Conclusiones y Recomendaciones:

El dispositivo Incentivo Respiratorio RSB ® sin estudios clínicos previos se comporta de manera similar que los dispositivos Incentivo Respiratorio SpiroBall® y el Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT los cuales demostraron ser similarmente eficaces para la rehabilitación pulmonar de pacientes que son sometidos a cirugía de tórax. Se recomienda utilizar para un programa de fisioterapia respiratoria postoperatoria tanto un incentivo respiratorio orientado al volumen como un entrenador de músculos respiratorios con el fin de potencializar la intervención.

Palabras Clave: Cirugía de Tórax, Fisioterapia Respiratoria, Espirometría Incentivada, Entrenamiento de Músculos Respiratorios.

Summary

Effectiveness of incentive spirometry vs training respiratory muscles in patients with postoperative abdominal and chest surgery.

Chest surgeries are procedures that can cause reduced function and respiratory mechanics caused by surgical incision that produces pain, decreasing lung distension forces and therefore the ability to achieve an effective tidal volume, added to the inspiratory depression anesthetics cause of creating a restrictive lung defect and carrying the patient to postoperative pulmonary complications (PPC) as a major cause of morbidity and mortality. Postoperative respiratory physical therapy is one of the strategies that can be used to minimize the effects through intervention techniques, in which among are the incentive spirometry and respiratory muscle training through therapeutic devices.

Objective: To evaluate comparatively the peak inspiratory pressure, forced vital capacity, Forced inspiratory vital capacity, forced expiratory volume in the first second peak inspiratory flow and peak expiratory flow, in using the devices: Incentive Respiratory RSB® vs Incentive Spirometry SpiroBall® Coach vs IMT Threshold® inspiratory muscles in patients with thoracic surgery.

Design: Randomized Clinical Trial. Single-blind. Eighteen male and female patients scheduled thoracic surgery between 18 and 60 years old, they were randomly divided into three groups: Threshold Group (Group A) n = 5 who used the device Respiratory Incentive RSB®, SpiroBall® Group (Group B) n = 5 which used the respiratory incentive SpiroBall® and Threshold® IMT Group (Group C) n = 5 who use the device for inspiratory muscle training Threshold® IMT with a load of 40% of the peak inspiratory pressure. All patients underwent spirometry and Respiratory Pressure Test preoperative, immediate postoperative and late postoperative (10 days). After the measurement taken on the immediate postoperative period the device assigned by the study was used.

Results: The results showed that there was a similar pattern in all variables measured in the preoperative period, immediate postoperative and late postoperative period in all three

intervention groups, showing a further improvement for the surgical procedure with intervention respiratory physiotherapy in postoperative using respiratory devices Incentive Spirometry RSB®, Incentive Spirometry SpiroBall® and inspiratory muscle trainer Threshold® IMT; being statistically significant for variable PIM after use device Threshold IMT (p = 0.01587), and the statistically significant for variables FVC (p = 0.01587), FEV1 (p = 0.01587), PEF (p = 0 , 03175), CVIF (p = 0.01587) and PIF (p = 0.03175) after use device Respiratory Incentive RSB®. No postoperative pulmonary complications occurred in any patient in the study.

Conclusions and recommendations: Respiratory Incentive RSB® device without previous clinical studies behaves similarly to the devices Respiratory Incentive SpiroBall® and inspiratory muscle trainer Threshold® IMT which proved equally effective for pulmonary rehabilitation of patients undergoing chest surgery. It is recommended for postoperative respiratory physiotherapy program both respiratory incentive oriented to volume and respiratory muscle trainer in order to enhance the intervention.

Keywords: Thoracic Surgery, Respiratory Physical Therapy, Incentive Spirometry, Respiratory Muscle Training.

1. Introducción

Las cirugías de abdomen y de tórax son procedimientos frecuentes en las salas de cirugía de un hospital, sin embargo, pueden causar reducción en la función y mecánica respiratoria(Ferreira, Rodrigues, Roberto, & Évora, 2009) llevando al paciente a complicaciones pulmonares postoperatorias (CPP) como una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad en estos pacientes, los cuales tiene una reducción significativa en los volúmenes pulmonares aproximadamente entre el 65% y 70%, además de aumentar la presión intra-abdominal. Se estima que la casuística de este tipo de complicaciones alcanzan una tasa de mortalidad hasta del 25% (Parreira, Tomich, Britto, & Sampaio, 2005)(de Cleva et al., 2014). (Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015)(Grams, Ono, Noronha, Schivinski, & Paulin, 2012)

La fisioterapia respiratoria postoperatoria es una de las estrategias que pueden ser utilizadas para minimizar las complicaciones pulmonares a través de sus técnicas de intervención, tales como las maniobras para reversión de las atelectasias, higiene bronquial, ejercicios respiratorios, posicionamiento, el uso de dispositivos para realizar espirometría incentivada, entrenamiento de músculos inspiratorios y presión positiva espiratoria en las vías aéreas, demostrando así, la disminución de estas eventualidades y mejorando el equilibrio en la relación ventilación - perfusión (Parreira et al., 2005)(Ambrosino & Gabbrielli, 2010)(Manzano, Carvalho, Saraiva-Romanholo, & Vieira, 2008).(Hall, Tarala, Tapper, & Hall, 1996)

En Colombia se utilizan comúnmente los dispositivos de incentivo respiratorio más que los dispositivos de entrenamiento de músculos inspiratorios a causa de su accesibilidad y costo; existe un dispositivo médico que se denomina Incentivo Respiratorio RSB® del fabricante *Raúl Sendoya Baena S.A. (Colombia),* que está indicado para la realización de esta técnica y cuenta con el registro INVIMA 2011 DM 0007444Al día de hoy la información de la efectividad y eficacia de este dispositivo no ha sido reportada en publicaciones científicas. Para el presente estudio se pretende comparar la efectividad

del incentivo respiratorio estándar de uso en el Hospital Universitario San Ignacio (Incentivo Respiratorio RSB®) frente a un incentivo inspiratorio orientado al volumen usado en otros estudios científicos en diferentes países (SpiroBall®)y el dispositivo de entrenamiento muscular inspiratorio más utilizado (Threshould ® IMT) el cual también cuenta con varios estudios, (Paiva et al., 2015) (Boley et al., 2012) (Parreira et al., 2005) (Santos, Pereira Dos, 2010) (Matheus et al., 2012) (Ferreira et al., 2009)

2. Marco Teórico

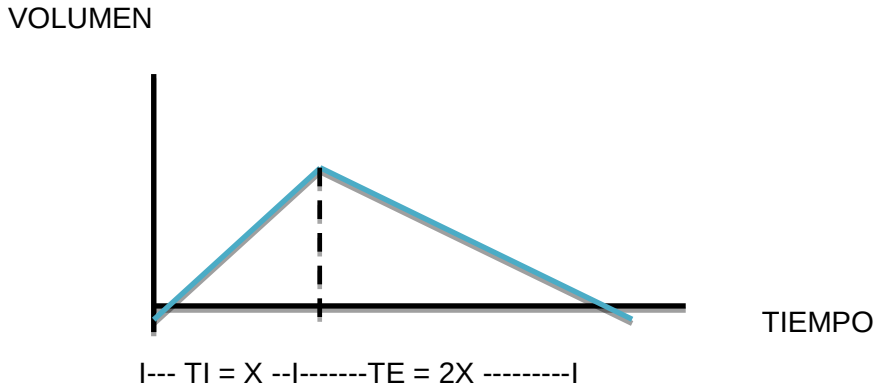
2.1. Fisiología Respiratoria

La respiración es el mecanismo por el cual se proporciona oxígeno a los tejidos y se elimina el dióxido de carbono. Sus funciones principales son la regulación del flujo de aire entre los alvéolos y la atmósfera, la difusión de oxígeno y dióxido de carbono entre los alvéolos y la sangre, transporte de oxígeno y dióxido de carbono hacia y desde las células a través de la sangre y líquidos corporales, y la regulación de la ventilación. (Guyton, Artur, Hall, 2011)

2.1.1. Mecánica de la Ventilación Pulmonar

La ventilación describe el fenómeno de la movilización del aire que ocurre en un ciclo conformado por dos componentes: la inspiración y la espiración, fases que hacen parte del mismo evento pero que difieren en sus mecanismos de producción, tiempo de duración y función. (Cristancho, 2004)

Figura 1 Gráfica Volumen- Tiempo Fase inspiratoria y espiratoria.



2.1.1.1. Fase inspiratoria

Esta fase corresponde a la movilización del aire desde la atmósfera hasta los alvéolos. Se produce siempre por acción de los músculos inspiratorios. El principal músculo productor es el diafragma, este genera el 80% del trabajo de la fase y se le adiciona el trabajo de los músculos intercostales externos.

Los músculos facilitadores son el geniogloso, geniohioideo, esternohioideo, tiroioideo, esternotiroideo y periestfilino interno; el esternocleidomastoideo, escalenos, pectoral mayor, pectoral menor, trapecios y serratos son músculos accesorios ellos intervienen en situaciones patológicas o de ejercicio incrementando el volumen intratorácico haciendo que la presión negativa aumente, sin embargo, no pueden sustituir la función del diafragma.

En la fase inspiratoria la contracción del diafragma hace que este descienda hacia la cavidad abdominal aumentando el diámetro longitudinal, anteroposterior y transverso del tórax, simultáneamente la contracción de los intercostales externos permiten que las costillas se horizontalicen o eleven tendiendo a incrementar los diámetros anteroposterior del tórax.

2.1.1.2. Fase espiratoria

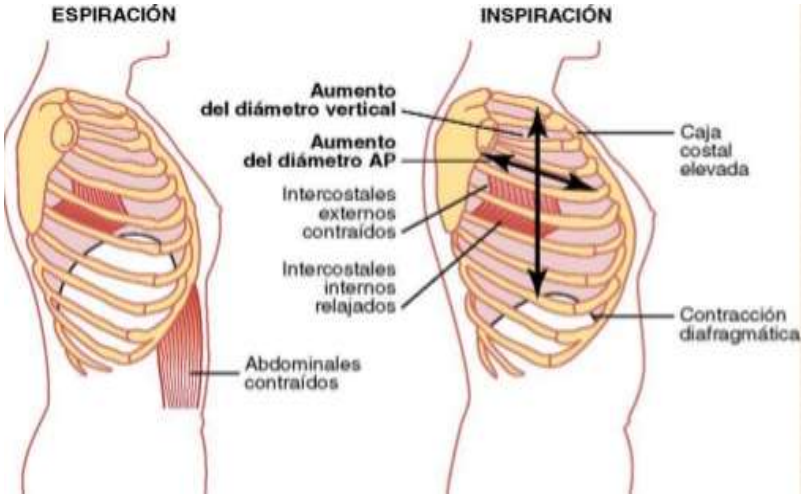
Esta fase se produce dependiendo de tres condiciones: El gradiente de presión de la fase inspiratoria debe haber desaparecido, ósea que la presión intra-alveolar debe ser atmosférica; el volumen intrapulmonar debe ser superior al volumen de reposo y los músculos inspiratorios deben relajarse.

Después de estos eventos debe producirse un gradiente de presión (supra-atmosférico intratorácico) que promueva el desplazamiento de los gases desde el alvéolo hacia la atmósfera, es decir, el vaciamiento pulmonar.

Para la fase espiratoria en condiciones normales no existen músculos productores ya que es producto del retroceso elástico del pulmón, la pared torácica y las estructuras

abdominales, sin embargo hay músculos facilitadores que son los intercostales internos y músculos accesorios que son los abdominales y el triangular del esternón que funcionan en la espiración forzada.

Figura 2Movimientos caja torácica en la espiración e inspiración. Tomado de (Guyton, Artur, Hall, 2011)



2.1.2. Presiones pulmonares

Los pulmones son estructuras elásticas que se encuentran suspendidas por el hilio en medio de una cavidad, prácticamente se encuentran flotando ya que no hay estructuras de unión entre ellos y la caja torácica.

Los pulmones se encuentran rodeados de una capa delgada líquida llamada líquido pleural que lubrica sus movimientos dentro de la cavidad y permiten a su vez que se encuentren sujetos a la pared torácica gracias a la presión negativa que ejerce el líquido al ser succionado por los vasos linfáticos, que al controlar su exceso, permiten que la superficie visceral del pulmón y la superficie pleural parietal de la cavidad torácica se mantengan unidos.

2.1.2.1. Presión pleural o intrapleural

Es la presión negativa del líquido que se encuentra entre la pleura parietal y visceral. Al comienzo de la inspiración es aproximadamente – 5 cm de H2O, la suficiente para mantener los pulmones expandidos hasta su nivel de reposo. Después de la inspiración esta fuerza se vuelve más negativa por la expansión de la caja torácica, hasta aproximadamente – 7,5 cm H2O.

2.1.2.2. Presión alveolar

Es la presión ejercida por el aire al interior de los alvéolos pulmonares, cuando la glotis se encuentra abierta pero no hay movimiento de aire en ninguna de las dos direcciones (pulmón – atmósfera) la presión del árbol respiratorio hasta los alvéolos se iguala a la atmosférica por lo que se considera la presión 0 cm H2O.

Para que exista entrada de aire hacia los alvéolos la presión alveolar debe disminuir a un valor ligeramente menor al de la presión atmosférica es decir aproximadamente - 1 cm H2O, esta es suficiente para que ingrese 0,5 litros de aire hacia los pulmones en 2 segundos que dura una inspiración normal. Durante la espiración se produce una presión inversa aumentando hasta 1cm H2O forzando la salida del aire inspirado durante 2 – 3 segundos

2.1.2.3. Presión transpulmonar

Es la diferencia que hay entre la presión alveolar y la presión pleural, es una medida que tiende a colapsar el pulmón en todos los momentos de la respiración.

PTP = Presión Alveolar – Presión Pleural

Cuando la PTP es positiva la fuerza ejercida sobre las estructuras es expansora, como en el ciclo ventilatorio fisiológico manteniendo la apertura de las estructuras, pero, si la PTP es negativa la fuerza es colapsante como durante la espiración forzada

Figura 3. Modificaciones del volumen pulmonar, presión alveolar, presión pleural y presión transpulmonar durante la respiración normal. Tomado de(Guyton, Artur, Hall, 2011)

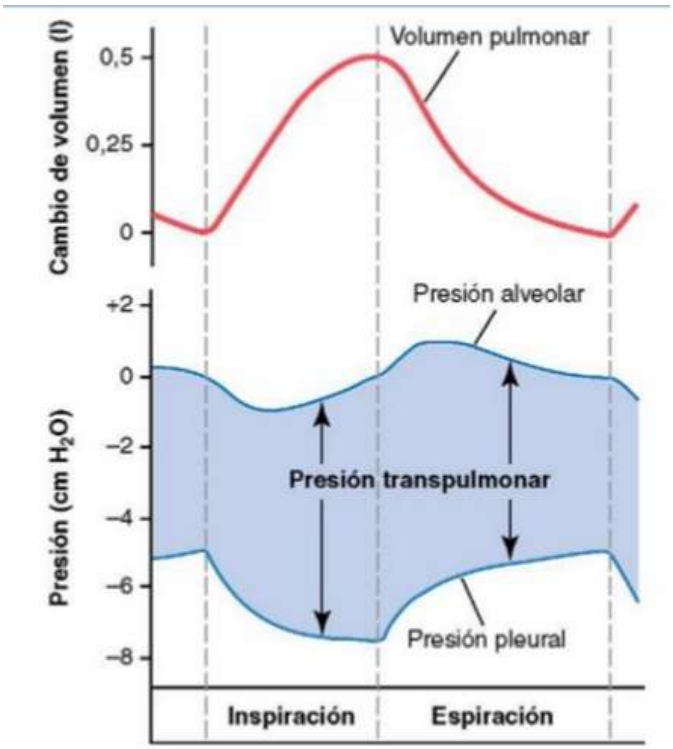
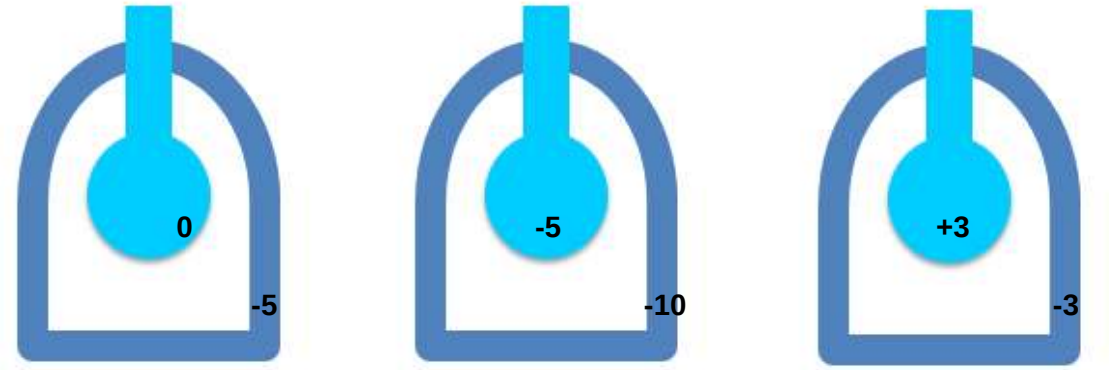


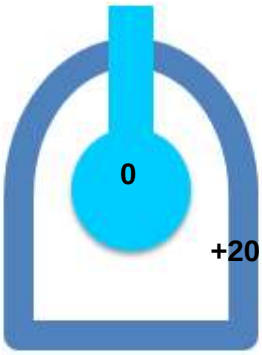
Figura 4Presión transpulmonar durante el reposo, la inspiración, la espiración y la espiración forzada. Modificado de (Cristancho, 2004)



REPOSO
PTP= 0 – (-5)
PTP= +10

INSPIRACION
PTP= -5 – (-10)
PTP= +5

ESPIRACION
PTP= +3 – (-3)
PTP= +6

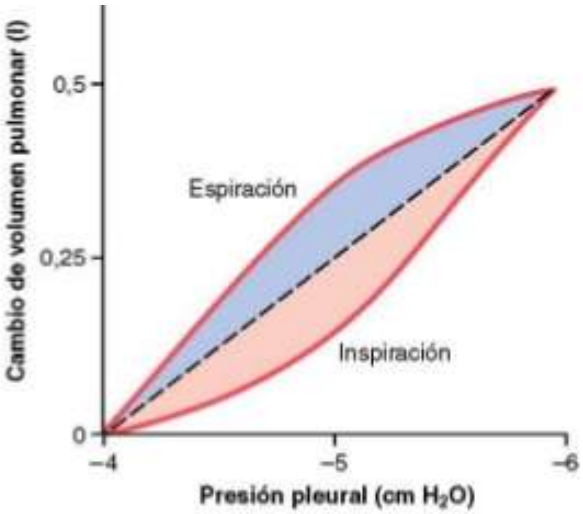


ESPIRACIÓN FORZADA
PTP= 0 – (+20)
PTP= - 20

2.1.3. Distensibilidad pulmonar

Es el volumen que se expanden los pulmones por cada aumento unitario de presión transpulmonar. La distensibilidad pulmonar total en el ser humano adulto es de aproximadamente 200 ml de aire por cada cm H20 de PTP.

Figura 5Diagrama de distensibilidad en una persona sana. Tomado de(Guyton, Artur, Hall, 2011)



El diagrama de distensibilidad de los pulmones nos indica los cambios en presión y volumen en la curva inspiratoria y espiratoria, el cual se permite analizar más fácilmente en la curva presión volumen, deduciendo que:

- Cuando la presión alrededor del pulmón (presión pleural) es más negativa hay más volumen dentro de el
- Al final de la inspiración la presión pleural es máxima y la presión alveolar es atmosférica
- El recorrido de la curva inspiratoria y espiratoria es diferente, por lo que se le llama histéresis pulmonar ya que hay diferencia de volúmenes para un mismo valor de presión ya que las fuerzas que las producen son diferentes
- El asa inspiratoria inicia desde cero teniendo en cuenta la presión atmosférica, sin embargo este comienzo ocurre sobre un volumen de gas contenido en el alvéolo que evita su colapso (volumen critico) y en la espiración llega hasta este sin sobrepasarlo
- Cuando la curva presión volumen se encuentra inclinada hacia la abscisa(x) la distensibilidad está disminuida y cuando se inclina hacia la ordenada (y) hay un incremento de ella.

2.1.4. Surfactante y tensión superficial de los alvéolos

Cuando el agua forma una superficie con el aire, las moléculas de la superficie de esa agua tienen una intensa atracción entre sí por lo que siempre están intentando contraerse, eso hace que en los alvéolos el agua siempre esté intentando expulsar el gas hacia los bronquios e intenten colapsarse. El efecto neto es producir una fuerza elástica de tensión superficial en todos los pulmones.

El surfactante es una mezcla de varios fosfolípidos (85%), proteína e iones; es secretado por células epiteliales alveolares (neumocitos) tipo II, que constituyen el 10% de la superficie alveolar, son células granulares y contienen inclusiones de lípidos. El surfactante es un agente activo de superficie de agua es decir que reduce la tensión superficial del agua lo que evita el colapso de los alvéolos.

Desde la mecánica respiratoria el surfactante contribuye al mantenimiento y mejora de la distensibilidad pulmonar, anula las fuerzas de tensión superficial a un volumen crítico dando estabilidad al alvéolo, mantiene “secas” las estructuras alveolares al impedir la trasudación que favorece la fuerza de tensión superficial y asume funciones inmunológicas en sus proteínas hidrofílicas

2.1.5. Factores que intervienen en la apertura alveolar

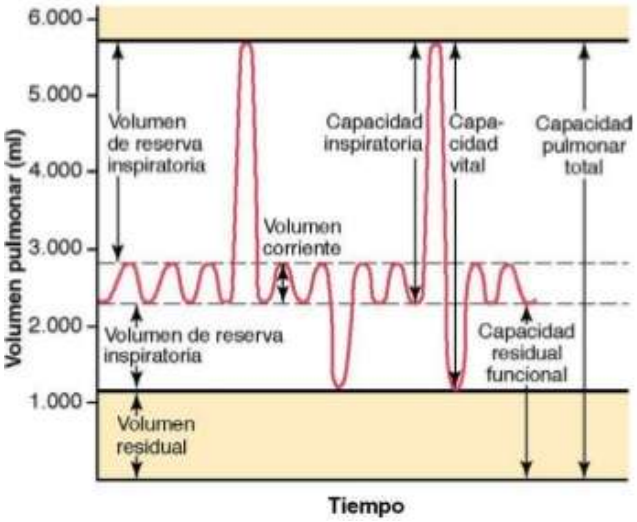
Hay factores que facilitan y mantienen la apertura alveolar, uno de ellos es el mecanismo dinámico de origen neurológico que previenen el colapso que son el suspiro y el bostezo. El suspiro es una inspiración máxima periódica que facilita la apertura de unidades con tendencia a la subventilación y el bostezo corresponde al mantenimiento de la máxima presión post inspiratoria transitoriamente que mejora la distribución de los gases inspirados.

Tabla 1. Resumen de factores que promueven y mantienen la apertura alveolar o que previenen su cierre Tomado de(Cristancho, 2004)

FACTOR	MECANISMO
Surfactante	Disminución de la fuerza de tensión superficial y anulación de ella a volumen crítico
Presión Transpulmonar Positiva (PTP)	Incremento de la fuerza expansora sobre las estructuras ventilatorias
Presión negativa intrapleural	Interdependencia alveolar
Volumen Residual	Ocupación permanente del alvéolo por un volumen de gases
Ventilación Colateral	Facilitación del llenado de unidades con tendencia al colapso
Presión alveolar de Nitrógeno	Mantenimiento permanente de un gas alveolar ejerciendo presión parcial

2.1.6. Volúmenes y capacidades pulmonares

Figura 6Diagrama que muestra los movimientos respiratorios durante la respiración normal y durante la inspiración y espiración máximas. Tomado de(Guyton, Artur, Hall, 2011)



2.1.6.1. Volúmenes pulmonares

- **Volumen corriente o Tidal**: Es el volumen de aire en condiciones normales que ingresa y sale del pulmón (inspiración – espiración), tiene un valor aproximado de 6 ml/kg, este se desplaza entre dos niveles: el nivel inspiratorio de reposo y el nivel espiratorio de reposo.
- **Volumen de reserva inspiratoria:** Es un volumen adicional de aire al volumen corriente que es posible ingresar a los pulmones gracias a la acción de los músculos que incrementan su trabajo, este se encuentra limitado por el nivel inspiratorio máximo. El valor aproximado de volumen de reserva inspiratoria es hasta 6 veces más que el volumen corriente (aproximadamente 3000ml para un varón adulto)
- **Volumen de reserva espiratoria:** Es el volumen adicional máximo de aire que se puede espirar después de una respiración normal mediante una espiración forzada, ósea que requiere de la acción de los músculos espiratorios. Este volumen está limitado por el nivel espiratorio máximo y es de aproximadamente 1100 ml.
- **Volumen residual:** Es el volumen de gas que queda dentro de los pulmones después de una espiración forzada. Su valor aproximado es de 1.200 ml

2.1.6.2. Capacidades pulmonares

Es la combinación funcional de dos o más volúmenes

- **Capacidad inspiratoria:** Es igual a la suma del volumen corriente y el volumen de reserva inspiratoria
- **Capacidad residual funcional:** Es igual a la suma del volumen de la reserva espiratoria y el volumen residual.
- **Capacidad vital:** Es igual a la suma del volumen de reserva inspiratoria, volumen corriente y el volumen de reserva espiratorio. Es la totalidad de gas que puede movilizar una persona.
- **Capacidad pulmonar total:** Es igual a la suma de todos los volúmenes, es decir la capacidad total más el volumen residual

2.1.6.3. Volumen respiratorio minuto

Es la cantidad total de gas nuevo que pasa hacia las vías respiratorias en cada minuto, equivale al volumen corriente multiplicado por la frecuencia respiratoria por minuto. Se calcula que en promedio un hombre adulto moviliza 500 ml y su frecuencia respiratoria es de 12 respiraciones por minuto, por lo que asumimos que el Volumen respiratorio minuto es de 6 l/min

2.1.7. Ventilación alveolar

Esta produce el intercambio gaseoso y depende directamente de la ventilación pulmonar, donde se renueva continuamente el aire.

2.1.8. Espacio muerto

Hay zonas en las vías aéreas donde no se produce el intercambio gaseoso, sino que simplemente son de paso como la nariz, la faringe y la tráquea, este es denominado espacio muerto anatómico porque no es útil para el intercambio gaseoso, su valor aproximado es de 2 ml/kg.

Existe también el espacio muerto alveolar, llamado así por las unidades alveolares que no son funcionales (subperfundidos) o funcionan parcialmente a causa del capilar adyacente. Este sumado al espacio muerto anatómico conforman el espacio muerto fisiológico, este equivale al 30% del volumen corriente en reposo aproximadamente. En situaciones patológicas este valor aumenta lo que causa un desequilibrio en la relación ventilación perfusión

2.1.9. Resistencia de la vía aérea

El paso del aire al ingresar y salir del pulmón por unos conductos generan una resistencia, la cual depende no solo del volumen del gas, sino por la velocidad y la forma del perfil del flujo. También dependerá de la permeabilidad, el calibre del conducto, la longitud y la viscosidad del gas.

Una vía aérea estrecha ofrecerá una máxima resistencia y disminuirá la velocidad del flujo, fenómeno descrito por Poiseuille quién demostró que la resistencia es directamente proporcional a la viscosidad del fluido y a la longitud del conducto e inversamente proporcional al radio del conducto elevado a la cuarta potencia.

En la inspiración el flujo gaseoso vence la resistencia de la vía aérea y se facilita su paso gracias a la PTP positiva; en la espiración el gas también debe vencer la resistencia de los conductos y a pesar que la PTP sigue siendo positiva, el flujo de aire debe movilizarse en contra de la fuerza de colapso impuesta por el retroceso elástico del pulmón esto se conoce como *compresión dinámica de la vía aérea.*

Este fenómeno es importante en los volúmenes pulmonares bajos, ya que cuando estos disminuyen la resistencia en la vía aérea aumenta y la presión endobronqueal disminuye con rapidez favoreciendo el colapso de la vía aérea y produciendo atrapamiento de aire.

2.2. Influencia de las cirugías abdominales y de tórax en la mecánica ventilatoria

La mayoría de las complicaciones postoperatorias en cirugías con incisión en abdomen y tórax están relacionadas con los efectos fisiológicos desde la anestesia, entre estos la instrumentación ya que altera la función mucociliar promoviendo la retención de secreciones; algunos fármacos causan depresión del sistema nervioso central disminuyendo el tono muscular inspiratorio que sumado a la ventilación mecánica pueden colapsar la vía aérea, ya que causa una disminución inmediata de la capacidad residual funcional hasta del 20% afectando el intercambio gaseoso. Hay respuesta fisiológicas causadas por la dosis de los anestésicos que al ser muy altas afectan la coordinación del patrón respiratorio y otras por los bloqueadores neuromusculares que son necesarios cuando se requiere la relajación de los músculos aumentando el riesgo de desaturación postoperatoria, reintubación no planeada y curarización residual postoperatoria, estos últimos pueden tener efecto hasta 7 días después del procedimiento aumentando el riesgo a presentar complicaciones pulmonares postoperatorias. (Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015)

La disfunción de los músculos respiratorios, los cambios relacionados con la mecánica de la pared torácica y el trauma quirúrgico conllevan a una disminución del volumen corriente, la capacidad vital y la capacidad residual funcional por varios días, posteriormente llevándolo a presentar atelectasias (colapso alveolar), condición que puede favorecer el crecimiento bacteriano debido a la reducción de la función de los macrófagos alveolares y el surfactante aumentando el riesgo de adquirir una neumonía. (Ambrosino & Gabbrielli, 2010) además del desequilibrio producido en la relación ventilación - perfusión.

Estudios indican que la fisioterapia preoperatoria y postoperatoria, la extubación temprana y la movilización disminuyen estos riesgos.(Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015)

2.3. Complicaciones pulmonares postoperatorias

Las complicaciones pulmonares postoperatorias (CPP) tienen un alto índice en los pacientes quirúrgicos, son tan comunes como las complicaciones cardiacas y presentan una taza alta de mortalidad, están relacionadas con la disfunción muscular respiratoria inducida, estas van desde el broncoespasmo y las atelectasias, hasta la neumonía, insuficiencia respiratoria, edema pulmonar, tromboembolismo pulmonar, torsión lobar, espacio pleural persistente, empiema y fístula broncopleural.(Duggan & Kavanagh, 2010)(Van Schil, Hendriks, & Lauwers, 2014)(Qaseem, Snow, Fitterman, Hornbake, & Lawrence, 2006)(Galvao et al., 2007)

American College of Physicians realizaron una revisión sistemática para estratificar las CPP siendo aún los más citados en las guías clínicas. (Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015).

Entre los factores relacionados con los pacientes está la edad avanzada, la clasificación ASA >= 2 (American Society of Anesthesiologists), Insuficiencia cardiaca congestiva (ICC), la dependencia funcional, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), pérdida de peso, deterioro sensorial, tabaquismo, uso alcohol, resultados anormales en examen de tórax, asma controlada, obesidad; con datos insuficientes se considera la apnea obstructiva del sueño y la baja tolerancia al ejercicio.

Entre los factores relacionados con los procedimientos están la reparación de un aneurisma aórtico, cirugía de tórax, cirugía de abdomen, cirugía de abdomen superior, neurocirugía, cirugía prolongada, cirugía de cabeza y cuello, cirugía de emergencia, cirugía vascular, uso de anestesia general, transfusión perioperatoria, cirugía de cadera, cirugía ginecológica o genitourinaria; con datos insuficientes se considera la cirugía de esófago.

Tabla 2Factores de riesgo para complicaciones pulmonares postoperatoriasTomado de (Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015)

FACTORES DE RIEGO PARA COMPLICACIONES PULMONARES POSTOPERATORIAS	
FACTORES RELACIONADOS CON LOS PACIENTES	**FACTORES RELACIONADOS CON EL PROCEDIMIENTO**
Soportado por una buena evidencia	
Edad avanzada	Reparación de aneurisma aórtico
Clasificación ASA ≥ 2	Cirugía de Tórax
Falla Cardiaca Congestiva	Cirugía Abdominal
Dependencia Funcional	Cirugía Abdominal Superior
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Neurocirugía Cirugía Prolongada Cirugía de Cabeza y Cuello Cirugía de Emergencia Cirugía Vascular Uso general de la Anestesia
Soportado por una evidencia justa	
Bajo peso Deterioro sensorial Uso de cigarrillo Uso de alcohol Resultados anormales en el examen de tórax	Transfusión perioperatoria
Buena evidencia en contra de ser un factor de riesgo	
Asma bien controlada	Cirugía de Cadera
Obesidad	Cirugía Genitourinaria o ginecológica
Datos insuficientes	
Apnea obstructiva del sueño	Cirugía de esófago
Pobre capacidad de ejercicio	

Un gran ensayo multicéntrico prospectivo, por el grupo ARISCAT (The Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia Group) examinó las complicaciones postoperatorias de los pacientes de cirugía general en 59 hospitales de España e Identificaron siete factores predictivos de CPP: (Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015)

- La edad avanzada
- Reducción de la saturación de oxígeno preoperatoria medido en capilar periférico(SpO2)
- Infección respiratoria previa en el último mes
- Anemia preoperatoria

- Incisión quirúrgica cerca del diafragma
- Mayor duración del tiempo quirúrgico
- Cirugía de emergencia

Otros factores incluidos son disminución de la funcionalidad, alteración del estado mental, pérdida de peso superior al 10% en los últimos 6 meses, enfermedad renal crónica, diabetes mellitus, insuficiencia cardíaca congestiva, y significativo de alcohol.

Los factores quirúrgicos tenidos en cuenta son el dolor en la incisión, la alteración funcional por la incisión quirúrgica y la inhibición refleja del nervio frénico por tracción de las vísceras abdominales.

2.4. Fisioterapia respiratoria

La fisioterapia tiene como objetivo "el estudio, comprensión y manejo del movimiento corporal humano, como elemento esencial de la salud y el bienestar del hombre. Orienta sus acciones al mantenimiento, optimización o potencialización del movimiento así como a la prevención y recuperación de sus alteraciones y a la habilitación y rehabilitación integral de las personas, con el fin de optimizar su calidad de vida y contribuir al desarrollo social."(Ministerio de Educación Nacional, 1999)

En el campo de la fisioterapia respiratoria se utilizan una serie de técnicas cuyo objetivo es optimizar de la relación ventilación – perfusión aumentando los volúmenes pulmonares, permitir el adecuado intercambio de gases, mejorar la función de los músculos respiratorios, permeabilizar la vía aérea mejorando el aclaramiento mucociliar, incrementar la eficacia del trabajo de los músculos respiratorios, mejorar la movilidad de la caja torácica, disminuirla disnea, mejorar la tolerancia al ejercicio reduciendo los efectos adversos de la inmovilidad, aumentar los niveles de conciencia, incrementar la independencia funcional, mejorar el bienestar psicológico y promover la calidad de vida relacionada con la salud;.(Güell Rous, Díez Betoret, & Sanchis Aldás, 2008)(Ambrosino & Gabbrielli, 2010)(Van Schil et al., 2014)(Kempainen & Benditt, 2001)(Weiner et al., 1997)

Tabla 3Técnicas de Fisioterapia Respiratoria. Tomado de(Güell Rous et al., 2008)

TABLA II
Técnicas de fisioterapia respiratoria

Permeabilización de la vía aérea	Relajación	Reeducación respiratoria
Efecto gravedad	Técnica de Jacobson	Ventilación lenta controlada
Drenaje postural	Entrenamiento autógeno de Shultz	Respiración con labios fruncidos
Ejercicio con débito inspiratorio controlado	Relajación dinámica de Caycedo	Ventilación dirigida
Ondas de choque	Eutonía de Alexander	Movilizaciones torácicas
Percusión	Técnicas orientales (yoga, zen)	Control ventilatorio en las actividades de la vida diaria
Vibración/sacudidas		
Flúter		
Compresión del gas		
Tos dirigida		
Presiones manuales torácicas		
Ciclo activo respiratorio		
Espiración forzada		
Aumento de flujo espiratorio		
Espiración lenta total con glotis abierta en lateralización		
Drenaje autógeno		
Presión positiva		
Presión espiratoria positiva (PEP)		
Presión positiva continua (CPAP)		
Bipresión positiva (BiPAP)		

La fisioterapia ofrece una variedad de intervenciones que deben ser seleccionadas individualmente de acuerdo con las necesidades del paciente. Estudios evidencian que la intervención fisioterapéutica que incluye ejercicios de reexpansión torácica y ejercicios de respiración diafragmática inmediatamente después de las cirugías abdominales superiores parece mejorar la oxigenación sin provocar aumento del dolor u otras complicaciones. (Manzano et al., 2008), por lo cual la intervención postoperatoria se ha considerado importante a la hora de prevenir CPP y recuperar la funcionalidad ventilatoria.(Hanekom et al., 2012)

Existen publicaciones que evalúan los efectos del momento de la intervención fisioterapéutica en las cirugías abdominales y torácicas, donde se ha comparado la intervención prequirúrgica vs intervención postquirúrgica comprobando que la mayor efectividad se da en el tiempo posterior a la cirugía, sin desconocer que la intervención preoperatoria puede reducir la incidencia de las CPP hasta en un 50% (Possa et al., 2014)(Ambrosino & Gabbrielli, 2010)(Ferreira et al., 2009)(Kundra, Vitheeswaran, Nagappa, & Sistla, 2010)(Cavenaghi, Ferreira, Marino, & Lamari, 2011)

Técnicas como la inspiración profunda, espirometría incentivada y ejercicios de presión positiva estimulan el aumento de la presión transpulmonar permitiendo la apertura de unidades alveolares colapsadas con el fin de prevenir y / o tratar las CPP.(Carvalho, Paisani, & Lunardi, 2011) No obstante, es importante clarificar que si bien existen dispositivos utilizados en las técnicas fisioterapéuticas más efectivas en la prevención de las CPP, no reemplazan la intervención del fisioterapeuta, puesto que los objetivos de tratamiento son dirigidos a las necesidades de cada paciente de acuerdo a la valoración previa y el criterio del profesional.(Agostini, Calvert, Subramanian, & Naidu, 2008)(Grams et al., 2012)(Manzano et al., 2008)(Westerdahl et al., 2005)

Un informe sobre evidencia clínica en el Reino Unido (Agostini et al., 2008) con el fin de responder si el incentivo respiratorio era una intervención útil para los pacientes después de la cirugía torácica, donde se encontraron 225 documentos en la búsqueda, de los cuales 7 reportaban la mejor evidencia, concluyó que la espirometría incentivada es una forma relativa de medir la función pulmonar y puede evaluar el proceso de recuperación en los días posteriores a la cirugía, sin embargo, la fisioterapia respiratoria con o sin el uso de incentivo respiratorio reduce la incidencia de complicaciones pulmonares postoperatorias y mejora la función pulmonar, por lo que la fisioterapia sigue siendo el mecanismo más eficaz de intervención.

El Colegio Americano de Médicos (American College of Physicians) en su guía denominada Evaluación de riesgos y estrategias para reducir las complicaciones pulmonares postoperatorias (Qaseem et al., 2006) en su cuarta recomendación dice que todos los pacientes que después de la evaluación preoperatoria se encuentren en mayor riesgo de presentar complicaciones pulmonares postoperatorias deben recibir ejercicios de respiración profunda o incentivo respiratorio; sugiere la aplicación de diferentes modalidades terapéuticas para la reexpansión pulmonar , así como la fisioterapia de tórax, drenaje postural, las vibraciones, percusiones, presión positiva intermitente y continua, la succión y la deambulación de acuerdo a la necesidad del paciente.

(Possa et al., 2014) propusieron como objetivo de su estudio evaluar la eficacia de la aplicación de guía de fisioterapia para los pacientes sometidos a cirugía abdominal superior en la reducción de la incidencia de atelectasia y la duración de la estancia hospitalaria en el postoperatorio, para lo cual tomaron una población de 202 pacientes,

133 en el grupo de pacientes con intervención previa a la cirugía donde fueron sometidos a un programa de terapia física donde la planificación del tratamiento se basó en la experiencia individual de cada profesional. Por otro lado 69 pacientes que se incluyeron en el grupo de intervención posterior a la cirugía donde se sometieron a un programa estandarizado de terapia física con un enfoque en el uso de adicional estrategias como presión positiva espiratorio, espirometría de incentivo y movilización precoz. En los resultados se evidenció que el grupo de intervención posterior no reporto pacientes con atelectasias en los pacientes de total adherencia y un 13% incluyendo los pacientes de adherencia parcial; el total del grupo realizó deambulación temprana comparado con el 12 % del grupo de intervención previa y la estancia hospitalaria promedio es de (9,2 ± 4,1 días) comparado con (12,1 ± 8,3 días) del grupo de intervención previa. Pese a no ser estadísticamente significativo muestra la importancia de la intervención fisioterapéutica en el tiempo postoperatorio.

Dos de las técnicas más nombradas en los estudios de intervención fisioterapéutica para la disminución de complicaciones pulmonares postoperatoria son la espirometría incentivada y el entrenamiento de músculos respiratorios, las cuales hacen uso de dispositivos que apoyan la intervención terapéutica. El incentivo respiratorio como dispositivo ha sido ampliamente utilizado en la práctica clínica, especialmente en la intervención de pacientes en el periodo pre y post-operatorio de cirugías importantes, debido a su bajo costo, facilidad de aplicación y buena adherencia de los pacientes(Restrepo, Wettstein, Wittnebel, & Tracy, 2011), así como el uso de dispositivos para el entrenamiento de la fuerza de músculos inspiratorios se han ido incorporando en este mismo grupo de pacientes, ya que ha demostrado mayores efectos en la actividad muscular y por ende en la mecánica ventilatoria, sin embargo, factores como el costo, conocimiento del dispositivo e importación disminuyen su uso.

2.4.1. Espirometría incentivada

La espirometría incentivada está diseñada para imitar de forma natural los suspiros y bostezos, llevando al paciente a tomar respiraciones largas, lentas y profundas, disminuyendo la presión pleural, mejorando la expansión torácica y por ende el intercambio gaseoso. Cuando se realiza de forma regular se pueden prevenir o revertir las atelectasias(Restrepo et al., 2011)

Las bases fisiológicas de la espirometría incentivada reportadas por (Agostini & Singh, 2009) se sustentan en el manejo de las atelectasia a través de la eliminación de las secreciones retenidas en la vía aérea y la reexpansión del parénquima pulmonar; inicialmente la teoría de Bartlett en 1973 consistía en que la respiración profunda reclutaba alvéolos siendo esta derrumbada al demostrarse que la inspiración profunda con un aumento del volumen y un gradiente de presión transpulmonar sostenido por unos segundos lograban la reexpansión pulmonar posiblemente porque las áreas obstruidas se tardan más en llenar.

La espirometría incentivada se asemeja a una inspiración máxima sostenida que se lleva a cabo a través de un dispositivo que proporciona una retroalimentación visual cuando el paciente inhala a cierta cantidad de flujo o volumen y lo sostiene por lo menos 5 segundos, una de sus grandes ventajas es que una vez entrenado el paciente no requiere supervisión para su uso, sin embargo se recomienda el seguimiento para constatar la adherencia a la intervención. (Westwood et al., 2007)

(Westwood et al., 2007) realizó un estudio prospectivo observacional durante ocho meses en pacientes sometidos a cirugía abierta de abdomen o de tórax, durante los primeros cuatro meses los pacientes incluidos en el estudio (111) recibieron fisioterapia de tórax convencional y durante los siguientes cuatro meses los paciente incluidos (117) recibieron fisioterapia respiratoria más el uso de un dispositivo de incentivo respiratorio. En las conclusiones se evidencio que el 17% de los pacientes del grupo de fisioterapia de tórax convencional presentó complicaciones pulmonares postoperatorias, comparado con el 6% de los pacientes del grupo de uso del incentivo respiratorio, pese a que el estudio no logró una significancia estadística, se considera importante destacar la diferencia del 11% en la disminución de complicaciones pulmonares postoperatorias.

2.4.1.1. Dispositivos

Los incentivos respiratorios son portátiles, de uso personal y proporcionan retroalimentación visual con el fin de mejorar la expansión pulmonar; los hay de dos categorías: orientados al volumen y orientados al flujo, su diferencia radica en el trabajo muscular que requiere y en el volumen pulmonar alcanzado, sin embargo los dos

proporcionan efectos significativos sobre la función pulmonar. (Pascotini, Ramos, Marcos, & Trevisan, 2013)

(Paisani et al., 2013) realizaron un estudio con el fin de comparar los efectos del incentivo respiratorio orientado al volumen y el incentivo respiratorio orientado al flujo sobre la mecánica tóraco-abdominal y la actividad eléctrica de los músculos respiratorios en 22 voluntarios sanos, donde a través de la pletismografía optoelectrónica y la electromiografía no invasiva realizaron el análisis cinemático y de actividad muscular durante el uso de los dispositivos. Los resultados evidenciaron que el incentivo respiratorio orientado al volumen aumento el 400% del volumen pulmonar en una respiración profunda comparada con una en reposo, mientras que el incentivo respiratorio orientado al flujo aumentó el 335%, siendo mayor en un 65% el incentivo orientado al volumen. El desplazamiento del compartimento abdominal para el incentivo orientado al volumen fue de 151% comparado con el 117% del incentivo respiratorio orientado al flujo, siendo mayor en un 34%. En la medición del tiempo inspiratorio y del tiempo total los valores fueron mayores en el incentivo orientado al volumen. Se observó asincronía toracoabdominal con el uso del incentivo respiratorio orientado al flujo, pero no con el uso del incentivo respiratorio orientado al volumen y en la electromiografía se demostró mayor actividad muscular con el uso del incentivo respiratorio orientado al flujo que con el orientado al volumen. Los dispositivos utilizados fueron Voldyne 5000® vs Respiron®

En Alemania (Weindler & Kiefer, 2001) evaluaron el impacto del trabajo respiratorio adicional impuesto (WBimp) generado por dos incentivos respiratorios diferentes sobre el rendimiento espirometría incentivada postoperatoria en pacientes con alto riesgo y riesgo moderado de adquirir complicaciones pulmonares postoperatorias. Este estudio se realizó en 30 pacientes masculinos sometidos a cirugía abdominal superior, cirugía torácica y cirugía de dos compartimentos donde se realizaron mediciones en el postoperatorio inmediato con un dispositivo de diagnóstico (Transfer screen; Erich Jäger GmbH; Ho chberg, Alemania)equipado con un neumotacógrafo y transductores de presión que les permitió obtener la presión inspiratoria máxima, WBimp y la Capacidad Inspiratoria. Estas mediciones se realizaron primero sin el incentivo respiratorio y posteriormente con el incentivo respiratorio asignado. Utilizaron dos tipos de dispositivo, el incentivo respiratorio orientado al flujo Mediflo® y el incentivo respiratorio orientado al

volumen Coach®. Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que la capacidad inspiratoria se redujo significativamente para el incentivo respiratorio orientado al flujo lo que determino un trabajo respiratorio adicional impuesto (WBimp) al doble que el incentivo respiratorio orientado al volumen. En ambos incentivos aumentó significativamente la presión inspiratoria máxima. El estudio concluye que el incentivo respiratorio orientado al volumen y de bajo (WBimp) aumentó la inspiración máxima sostenida mejorando su rendimiento, por lo cual pueden ser los más adecuados en el cuidado respiratorio postoperatorio.

Teniendo en cuenta lo anterior es importante describir las características físicas y fisiológicas de los dos tipos de incentivo respiratorio.

2.4.1.1.1. Incentivo Respiratorio orientado al volumen

Está orientado al menor trabajo muscular respiratorio y al aumento del volumen pulmonar. Es el más adecuado para entrenamiento postoperatorio puesto que al disminuir la carga sobre los músculos disminuye la presencia de dolor y se adquiere mejor expansión torácica logrando el efecto de ventilar unidades alveolares subperfundidas con un menor esfuerzo.

Las características físicas son un dispositivo plástico con un estímulo en su interior (fuelle o pelota) unido a una manguera corrugada de mayor calibre que conecta al paciente a través de una boquilla, durante la inspiración el estímulo se eleva indicando el volumen movilizado. Las marcas más reconocidas son Coach 2® (MediMark Europa, Grenoble, Francia) (Fig. 7), Spiro-ball® (Leventon, Barcelona, España) (Fig. 8), Voldyne® 5000 (Hudson RCI, USA) (Fig. 9),

Figura 7. Coach 2®

Figura 8. Spiro-ball®

Figura 9. Voldyne® 5000

Existe un dispositivo de origen colombiano (Incentivo Respiratorio RSB®) fabricado por Raul Sendoya Baena SAS, que pese a no encontrarse referenciado en ningún estudio publicado, es el más utilizado en el medio hospitalario del país por su bajo costo. (Fig 10), aunque en las especificaciones técnicas no indica si está orientado al volumen o al flujo, por sus características se clasificó en orientado al volumen.

Figura 10. Incentivo Respiratorio RSB®

2.4.1.1.2. Incentivo Respiratorio orientado al flujo

Los incentivos respiratorios orientados al flujo requieren de un mayor trabajo respiratorio ya que tienen que cumplir con una marca en mililitros en cierta cantidad de tiempo, esto significa que se requiere de una mayor contracción de las fibras musculares para lograr el objetivo propuesto, así mismo es más difícil lograr volúmenes pulmonares altos a expensas del trabajo muscular respiratorio adicionado.

En sus características físicas hay varios estímulos encerrados en columnas de flujo conectadas entre sí, unidas a una manguera de menor diámetro que conecta al paciente con una boquilla, cuando el paciente inhala por la boquilla la presión cae y hace que el estímulo de la primera columna se eleve a un nivel equivalente al flujo que hay alrededor, cada columna esta calibrada para un flujo específico por lo cual requiere mayor trabajo para completar las tres columnas .Algunos dispositivos reconocidosson: MedifloDuo® (Medimex, Hamburg, Alemania) (Fig. 11) de uso mixto, como incentivo respiratorio y presión espiratoria positiva, Mediciser® (Eastern Medikit Ltd., Gurgaon, India) (Fig. 12), Triflo® (Hudson RCI, USA) (Fig. 13) y Respiron® (NCS, Brasil)

Figura 11. MedifloDuo®

Figura 12. Mediciser®

Figura 13. Triflo®

Figura 14.Respiron®

2.4.2. Entrenamiento de músculos inspiratorios (EMI)

La habilidad para generar presión inspiratoria puede incrementarse por la formación de un umbral de presión. Este umbral puede ser producto del entrenamiento de los músculos inspiratorios (EMI) aumentando la resistencia a la fatiga muscular, mejorando la función respiratoria, la tolerancia al ejercicio y aumentando la redistribución de flujo sanguíneo a los músculos.(Matheus et al., 2012). El incremento de la fuerza muscular respiratoria, aumenta la capacidad pulmonar compensando la carga respiratoria sin embargo hay aspectos que no están claros acerca de los mecanismos de este tipo de entrenamiento para mejorar el rendimiento y como los dispositivos pueden ser más

eficientes. (Paiva et al., 2015)(Hulzebus, Erick, Helders, Paul J M, 2006)(Paiva et al., 2015)(Matheus et al., 2012)

Entre los dispositivos utilizados en estudios clínicos en EMI se encuentra el Threshold ® IMT (Fig. 14) y Powerbreathe® que cumplen con el objetivo de aumentar la capacidad del ejercicio, mejorar la fuerza de músculos inspiratorios y mejorar la absorción del oxígeno en pacientes con EPOC, cirugía de revascularización miocárdica, trastornos neurológicos, cirugía bariátrica, destete de ventilación mecánica, insuficiencia cardiaca congestiva entre otros.(Dall'Ago, Chiappa, Guths, Stein, & Ribeiro, 2006)(Cahalin & Arena, 2015)(Crisafulli et al., 2013)

Figura 15. Threshold ® IMT

Figura 16. Powerbreathe ®

Los dispositivos para el entrenamiento de músculos respiratorios proporcionan una presión constante y específica para fortalecer y aumentar la resistencia de los músculos inspiratorios, independientemente de la rapidez con la que respiren los pacientes. Estos incorporan una válvula unidireccional independiente del flujo para garantizar una resistencia constante e incluye un ajuste de presión específico (en cm H2O) que el profesional tratante puede ajustar. Cuando el paciente inhala a través del dispositivo Threshold ® IMT, una válvula accionada por resorte ofrece una resistencia que ejercita los músculos respiratorios, mientras que en el dispositivo Powerbreathe ® por ser digital una válvula esterilizable ofrece la resistencia, además de ofrecer otras funciones de diagnóstico de PIM Y PEM, sistema de guía de entrenamiento, visualización de la sesión de entrenamiento, entre otros. (Kulkarni, Fletcher, McConnell, Poskitt, & Whyman, 2010)

(Paiva et al., 2015) en un ensayo controlado aleatorizado comparo el uso del dispositivo Threshold ® IMT versus el dispositivo de incentivo respiratorio Voldyne ® 5000 en 40 mujeres sanas con el fin de evidenciar los efectos en la fuerza de los músculos inspiratorios, para ello dividió la población en 3 grupos: grupo control (14), grupo entrenamiento Muscular (13) y grupo incentivo respiratorio (13), se realizaron mediciones de presión inspiratoria máxima antes de iniciar el programa, a los 15 días y a los 30 días. En los resultados se comprobó que en los dos grupos intervenidos la presión inspiratoria máxima mejoró a los 15 y 30 días, sin embargo, los valores del grupo de entrenamiento de músculos respiratorios fue significativamente mayor a los del grupo de incentivo respiratorio por lo cual se concluyó que el dispositivo Threshold ® IMT fue más eficaz en el aumento de la fuerza muscular.

(Barros et al., 2010) planteó la hipótesis que el entrenamiento muscular respiratorio realizado después de la cirugía de bypass coronario puede mejorar la capacidad ventilatoria, para lo cual realizó un estudio clínico aleatorizado en 38 pacientes candidatos a este tipo de cirugías, de los cuales se asignaron 23 pacientes al grupo de intervención con fisioterapia respiratoria convencional más entrenamiento de músculos respiratorios con el dispositivo Threshold ® IMT y 15 pacientes al grupo control que solo recibió fisioterapia convencional. Los pacientes fueron medidos antes de la cirugía, el primer día de postoperatorio y el día del alta hospitalaria a través de la espirometría, manovacuometría y pico flujo. Los resultados concluyeron que hay pérdida de la fuerza muscular respiratoria en los pacientes sometidos a cirugía de bypass coronario, sin

embargo, en el grupo de intervención con fisioterapia respiratoria convencional más entrenamiento de músculos respiratorios fue eficaz en la restauración de la presión inspiratoria máxima, presión espiratoria máxima, el pico flujo espiratorio y el volumen corriente.

(Hulzebus, Erick, Helders, Paul J M, 2006)en un ensayo clínico aleatorizado, simple ciego, con el fin de evaluar la eficacia profiláctica del entrenamiento de músculos inspiratorios preoperatorios sobre la incidencia de complicaciones pulmonares postoperatorias en pacientes de alto riesgo programados para cirugía de bypass coronario, reportó que la muestra calculada para su estudio era de 584 pacientes, sin embargo, al realizar análisis intermedio al tener 292 pacientes, de los cuales a 279 se les había realizado seguimiento hasta el alta hospitalaria y de los cuales se habían asignado a 140 en el grupo de entrenamiento de músculos inspiratorio y 139 en el grupo control o de intervención habitual, según lo estipulado en el comité de ética detuvieron el estudio, ya que se demostraba la incidencia significativa en la disminución de complicaciones pulmonares postoperatorias en un 17% menos en el grupo de entrenamiento de músculos inspiratorios que en el grupo control, con una especificidad de disminución de la presencia de neumonía como CPP en un 10%, por lo cual no era ético no incluir esta técnica de intervención en el grupo control. Para este estudio se utilizó el dispositivo Threshold ® IMT.

Se construyó un cuadro comparativo de algunos de los estudios que incluyeron la evaluación del entrenamiento de músculos respiratorios versus el uso de la fisioterapia convencional y el uso de incentivo respiratorio, con el fin de ser referencia a la hora de diseñar la metodología del presente estudio.

Tabla 4. Cuadro comparativo de estudios previos.

Cuadro comparativo de estudios previos								
Autor y año de publicación	**Tamaño Muestral**	**Características**	**Comparación**	**Indicaciones dispositivos**	**Tipo de estudio**	**Instrumento de medición y Variables**	**Medición**	**Conclusiones**
(Matheus et al., 2012)	47 sujetos Grupo Control 24 Grupo Estudio 23	Pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria con bypass cardiopulmonar.	Threshold IMT vs Fisioterapia convencional	Threshold 40% PIM, 2 vez/día, 3 series de 10 repeticiones	Estudio aleatorizado	Espirometría Presión inspiratoria y espiratoria máxima, volumen corriente, capacidad vital y el flujo espiratorio máximo	Preoperatorio 1 día de POP 3 día de POP	Mejoraron el volumen corriente y la capacidad vital en el grupo con Threshold IMT
(Paiva et al., 2015)	40 sujetos Grupo Control 14 Grupo Incentivo 13 Grupo Threshold 13	Mujeres sanas	Threshold IMT vs Incentivo Respiratorio Voldyne	Threshold 40% PIM, 1 vez/día por medio, 6 repeticiones, durante 30 días Voldyne 2 veces/día por medio, 20 repeticiones	Estudio aleatorizado	Presión Inspiratoria Máxima	Previo al entrenamiento músculos inspiratorios 15 y 30 días de entrenamiento	Ambos grupos mostraron mejoras en la PIM sin embargo la diferencia fue significativa entre los dos grupos siendo mejor el grupo Threshold
(Barros et al., 2010)	38 sujetos Grupo Control 15 Grupo Threshold 23	Pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria con bypass cardiopulmonar	Threshold IMT + Fisioterapia Convencional vs Fisioterapia Convencional	Threshold 40% PIM, 1 vez/día, 3 series de 10 repeticiones, descansos de 2 minutos	Estudio aleatorizado	Espirometría, PIM Y PEM, Pico Flujo Espiratorio, Escala Borg Escala Análoga Visual	Preoperatorio Postoperatorio inmediato Alta hospitalaria	El grupo de Threshold fue más efectivo al restablecer los parámetros de PIM, PEM, PFE y VT
(Ferreira et al., 2009)	30 sujetos Grupo Control 15 Grupo Threshold 15	Pacientes sometidos a cirugía de revascularización o cirugía de válvula cardiaca	Threshold IMT + Fisioterapia Convencional	Threshold 40% PIM, 3 vez/día, 5 series de 10 repeticiones, descansos de 1 minuto. Previo a la cirugía	Estudio aleatorizado	Manovacuometría PIM-PEM Espirometría Gasometría Arterial	Dos semanas antes de la cirugía, previo a la cirugía, y 12, 24, 48, 72 horas postoperatorio	El programa domiciliar mejoro la capacidad vital forzada y la ventilación voluntaria máxima. Estadísticamente no significativo.

(Kulkarni et al., 2010)	80 sujetos Grupo Control 20 Grupo Ejercicios Respiratorios 20 Grupo Incentivo Respiratorio 20 Grupo Entrenamiento Músculos inspiratorios 20	Pacientes sometidos a cirugía abdominal mayor.	Ejercicios Respiratorios vs Incentivo Respiratorio vs Entrenamiento Músculos Inspiratorios	Ejercicios Respiratorios profundos 2 veces/día, 15 minutos, durante 2 semanas Spiroball 2 veces/día, 15 minutos, durante 2 semanas Powerbreathe 20 - 30% PIM, 2 veces/día, 15 minutos, durante 2 semanas Previo a la cirugía	Estudio aleatorizado	PIM-PEM Espirometría	Preoperatorio Postoperatorio inmediato (hasta 48 horas) Postoperatorio 7 día	El grupo del dispositivo de entrenamiento de músculos inspiratorios mostró diferencias significativas en la presión inspiratoria máxima, conservándose aún en el periodo postoperatorio.
(Hulzebus, Erick, Helders, Paul J M, 2006)	276 sujetos Grupo Usual Cuidado 137 Grupo Threshold 139	Pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria con bypass cardiopulmonar	Fisioterapia Respiratoria + Incentivo Respiratorio + Threshold vs Fisioterapia Respiratoria + Incentivo Respiratorio	Threshold 30 – 35 % PIM, 1 vez/día por 2 semanas, durante 20 minutos Previo a la cirugía Coach 2 1 vez/día, durante 20 minutos desde el día previo a la cirugía	Estudio aleatorizado	PIM-PEM Espirometría	Preoperatorio Alta hospitalaria	El uso del Threshold reduce las complicaciones pulmonares postoperatorias y la estancia hospitalaria en paciente con factores de riesgo.

(Weiner et al., 1997)	32 sujetos Grupo Control 15 Grupo Incentivo Respiratorio y EMI 17	Pacientes sometidos a cirugía de resección pulmonar	Fisioterapia Respiratoria + Incentivo Respiratorio + Threshold vs Ninguna intervención	Threshold 15% – 60 % PIM, 1 vez/día por 2 semanas preoperatorias y 3 meses postoperatorio, durante 1 hora Mínimo 6 veces por semana Coach 2 30 repeticiones/día, durante 30 minutos por 2 semanas preoperatorias y 3 meses postoperatorio	Estudio aleatorizado	PIM-PEM Espirometría	Preoperatorio 2 semanas antes Postoperatorio 3 meses después	La función pulmonar se incrementa significativamente con el uso del incentivo respiratorio y el entrenamiento de músculos respiratorios por lo que se recomienda su uso antes y después de la cirugía.
(Crisafulli, Ernesto et al., 2013)	60 Pacientes Grupo Control 30 Grupo EMT	Paciente de cirugía cardiotorácica	Fisioterapia Respiratoria + Incentivo Respiratorio Respivol + Entrenador de Músculos Respiratorios Respiflit Vs Fisioterapia Respiratoria + Incentivo Respiratorio Respivol	Respiflit con una carga de 30 cmH2O 2 vez/día 15 minutos Respivol 2 vez/día 15 minutos	Ensayo clínico aleatorizado doble ciego	PIM - PEM Espirometria	Preoperatorio Día 8 postoperatorio Día 14 Postoperatorio	El los pacientes que se recuperan de cirugía cardiotorácica el entrenados de músculos respiratorios Respiflit resulto ser más factible y eficaz

2.5. La fisiología y la instrumentación

El término fisiología contiene etimológicamente dos raíces griegas, physis que significa naturaleza y logos que significa estudio, por lo que se puede relacionar como la ciencia que estudia los seres vivos.(Mora & Mora, 2007).

La fisiología en si misma incluye varios aspectos diferentes al de observación y conocimiento de la función, implica experimentación, instrumentación, planteamiento de hipótesis y seguimiento, lo que conlleva a la producción de conocimiento.

El proceso de instrumentación puede definirse como la medición de las señales de los tejidos vivos o la energía aplicada a estos, por lo cual debe cumplir varios principios:

- La acción de medir no debe alterar la magnitud de medida, solo se trata del registro. Dicha alteración debe ser resultado de una intención diferente.
- La intención de medir no debe exponer la seguridad o la vida del ser vivo.
- El instrumento debe ser fiable y de fácil calibración para garantizar su uso
- El instrumento debe brindar exactitud, precisión, resolución, reproductibilidad, repetitividad, control estático, y sensibilidad.

Para el proceso de instrumentación de utiliza el llamado instrumento el cual se define como cualquier dispositivo empleado para medir, registrar y /o controlar el valor de una magnitud en medición (Pallas, 1988). Para el presente estudio el instrumento que proporcionara las mediciones será el espirómetro y el manovacuómetro.

2.5.1. La espirometría y manovacuometría como medio de instrumentación

El presente trabajo de investigación responde al cuestionamiento de unas variables fisiológicas que permiten evaluar y comparar el uso de tres dispositivos que inciden en la función respiratoria del paciente, el investigador determinó como instrumento de medición el espirómetro y el manovacuómetro teniendo en cuenta la obtención de variables que responden a la fuerza de los músculos respiratorios y a las capacidades y volúmenes pulmonares, además de su facilidad de uso, portabilidad y costo.

2.5.1.1. Espirometría

La espirometría es una prueba básica para el estudio de la función pulmonar, necesaria para el diagnóstico y monitorización de las enfermedades respiratorias" (García-río et al., 2013) Es un procedimiento de fácil realización y bien tolerado, por lo que sus limitaciones son reducidas, la SEPAR en el 2013 sugiere esta prueba como parte de los exámenes rutinarios que cualquier persona se debe hacer.

El espirómetro se puede clasificar en sistemas cerrados y sistemas abiertos; los cerrados cuentan con un sistema de recogida de aire que desplaza un pistón a la velocidad deseada, este puede ser seco o húmedo; los sistemas abiertos miden directamente el flujo aéreo integrando la señal y calculando el volumen, los más comunes son los neumotacógrafos que miden la diferencia de presión por del flujo laminar que pasa a través de una resistencia, los de turbina se basan en que la velocidad de giro de las aspas se registra mediante sensores ópticos y es proporcional al flujo que pasa a través del dispositivo, los de hilo caliente o termistores presentan en su cabezal un hilo metálico calentado a temperatura constante por medio de corriente eléctrica que al pasar el flujo de aire enfría el hilo y se calcula el flujo, y los de ultrasonido que toman la señal al formar un ángulo en contra del sentido del flujo.

Los sistemas cerrados tienen referencia de ser los más fiables, sin embargo, son los más costosos, de difícil limpieza y esterilización. Los sistemas abiertos son de menor costo, fácil de limpiar y de menor riesgo de contaminación, son precisos siempre y cuando el equipo este calibrado por lo cual sus turbinas hoy día se consiguen desechables y ya calibradas.

Para las indicaciones y contraindicaciones se ha tenido en cuenta las recomendaciones realizadas por la SEPAR 2013, resumidas en las siguientes tablas:

Tabla 5. Indicaciones de la Espirometría Tomado de(García-río et al., 2013)

Indicaciones de la espirometría
Diagnósticas
Evaluación de síntomas o signos respiratorios
Medición del efecto de la enfermedad sobre la función pulmonar
Cribado de sujetos en riesgo de enfermedad pulmonar, principalmente:
– Fumadores de más de 35 años y al menos 10 paquetes-año
– Persistencia de síntomas respiratorios, incluyendo disnea, tos, expectoración, sibilancias o dolor torácico
– Exposición laboral u ocupacional a sustancias tóxicas que causan afectación respiratoria
Evaluación del riesgo de procedimientos quirúrgicos, especialmente torácicos o abdominales altos
Estimación de gravedad y pronóstico en enfermedades respiratorias o de otros órganos que afecten a la función respiratoria
Valoración del estado de salud antes del inicio de programas de actividad física intensa
Examen físico rutinario
Monitorización
Evaluación del efecto de intervenciones terapéuticas
Monitorizar el curso de enfermedades que afecten a la función pulmonar
Monitorizar a personas expuestas a sustancias potencialmente tóxicas para los pulmones, incluyendo fármacos
Evaluación del deterioro/discapacidad
Programas de rehabilitación
Evaluación de disfunción por seguro médico y valoraciones legales (seguridad social, peritajes, etc.)
Salud pública
Estudios epidemiológicos
Generación de ecuaciones de referencia
Investigación clínica

Tabla 6. Contraindicaciones de la Espirometría Tomado de(García-río et al., 2013)

Contraindicaciones de la espirometría
Absolutas
Inestabilidad hemodinámica
Embolismo pulmonar (hasta estar adecuadamente anticoagulado)
Neumotórax reciente (2 semanas tras la reexpansión)
Hemoptisis aguda
Infecciones respiratorias activas (tuberculosis, norovirus, influenza)
Infarto de miocardio reciente (7 días)
Angina inestable
Aneurisma de la aorta torácica que ha crecido o de gran tamaño (> 6 cm)
Hipertensión intracraneal
Desprendimiento agudo de retina
Relativas
Niños menores de 5-6 años
Pacientes confusos o demenciados
Cirugía abdominal o torácica reciente
Cirugía cerebral, ocular u otorrinolaringológica reciente
Diarrea o vómitos agudos, estados nauseosos
Crisis hipertensiva
Problemas bucodentales o faciales que impidan o dificulten la colocación y la sujeción de la boquilla

Las variables de medición proporcionas por la espirometría son(García-río et al., 2013):

- **Capacidad vital forzada (FVC)**representa el volumen máximo de aire exhalado en una maniobra espiratoria de esfuerzo máximo, iniciada tras una maniobra de inspiración máxima, expresado en litros
- **Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1)**corresponde al volumen máximo de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra de FVC, también expresado en litros.
- **Cociente FEV1/FVC** muestra la relación entre ambos parámetros.
- **El índice deT iffeneau**, es el cociente entre el FEV1 y la capacidad vital (VC) lenta.
- **El FEV6** es volumen máximo de aire exhalado en los 6 primeros segundos de la maniobra de FVC.
- **El FEVt** corresponde al volumen máximo de aire exhalado en un tiempo «t». Se ha sugerido que en niños que no sean capaces de realizar una maniobra forzada durante un segundo podrían utilizarse el FEV0,5 o el FEV0,75 como equivalentes del FEV1.
- **El flujo espiratorio medio (FEF25-75% o MMEF)** se define como el flujo medido entre el 25% y el 75% de la maniobra de espiración forzada (expresado en l s^{-1}).
- **El flujo espiratorio máximo (PEF)** se obtiene del valor pico en la rama espiratoria de la curva flujo volumen y también se expresa en litros s^{-1}.
- **Los flujos espiratorios instantáneos** (FEFx%) se refieren al flujo cuando el porcentaje correspondiente de la FVC (x%) ha sido exhalado. Los más utilizados son el FEF25%, el FEF50% y el FEF75% (l s^{-1}).
- **Capacidad vital forzada inspiratoria(IFVC),** o volumen máximo de aire inspirado, en una maniobra inspiratoria de esfuerzo máximo iniciada tras una maniobra de espiración máxima
- **El volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV1),** o volumen máximo de aire inspirado en el primer segundo de la maniobra de IFVC; el flujo inspiratorio medio
- **(FIF25-75% o MMIF),** o flujo entre el 25% y el 75% de la maniobra de inspiración forzada

- **El flujo inspiratorio máximo (PIF),** o pico de flujo en la maniobra de inspiración forzada
- **Flujos inspiratorios instantáneos** (FIF25%, FIF50% y FIF75%), o flujos inspiratorios cuando ha sido inhalado el 25%, el 50% o el 75% de la IFVC, respectivamente

Dentro de la realización de esta prueba es importante la función del personal de salud quien la dirige, puesto que depende de la indicación y la maniobra realizada por el paciente para que haya una adecuada fiabilidad del registro e interpretación de los resultados, para lo cual se recomienda utilizar el conjunto de ecuaciones de predicción que mejor se ajuste a la población de estudio, ya que varía de acuerdo a las características físicas de los sujetos (Quanjer et al., 2012)(Pellegrino et al., 2005)

2.5.1.2. Manovacuometría

Se llama manovacuometría a la técnica utilizada para medir la fuerza de los músculos respiratorios en términos de Presión, tanto en la fase inspiratoria como en fase espiratoria.

La Presión Inspiratoria Máxima (PIMáx) y Presión Espiratoria Máxima (PEMáx)es un valor dado en cm3H2O como unidad de medida. Las ventajas de la manovacuometría están relacionadas con que el equipo es de bajo costo y portátil, la prueba es rápida de realizar y no invasiva, sin embargo, como desventaja encontramos que depende totalmente de la cooperación del paciente.

La medición escogida para este estudio es el PIMáx , ya que los dispositivos a comparar en el estudio están enfocados al trabajo en la fase inspiratoria, esta prueba se realiza desde el volumen residual, o desde capacidad residual funcional (FRC), prefiriendo esta última, ya que es más fácil la ejecución por parte del paciente.(Caruso et al., 2015)

Existen equipos con manómetro de tipo analógico y digital siendo este último el predilecto, ya que maneja valores que son imperceptibles ante un manómetro analógico.

La medición se realiza con el paciente en posición sedente, con uso de una pinza nasal, Se les pide que exhale a RV para después realizar un esfuerzo inspiratorio máximo, sostenido durante 1 a 2 segundos**.** Esta prueba debe realizarse entre 3 y 8 veces con el fin de estimar la medición lo más cercana posible a la real. El método más común para la medida de estas presiones fue el propuesto por Black y Hyatt en 1969, aceptado y modificado por Evans(Evans, 2009)

Tabla 7. Predicción de las Presiones Máximas por boca en adultos con una pieza acoplada a boca. Tomado de (Evans, 2009)

Predicción de las presiones máximas bucales en adultos con una boquilla acoplada				
	Presión Inspiratoria Máxima (PIM)		Presión Espiratoria Máxima (PEM)	
	Valor Referencia	Límite Inferior de Normalidad	Valor Referencia	Límite Inferior de Normalidad
Hombres	120 – (0.41 x edad)	62 – (0.15 x edad)	174 – (0.83 x edad)	117 – (0.83 x edad)
Mujeres	108 – (0.61 x edad)	62 – (0.50 x edad)	131 – (0.86 x edad)	95 – (0.57 x edad)

3. Justificación y uso de los resultados

Entre los procedimientos más frecuentes en las clínicas y hospitales se encuentran las cirugías abdominales y de tórax, procedimientos que a causa del dolor deprimen significativamente los movimientos inspiratorios y espiratorios de la respiración afectando la función pulmonar por disminución en la contracción del diafragma llevando al paciente a complicaciones pulmonares postoperatorias tales como atelectasias, derrame pleural, neumonía, insuficiencia respiratoria que requiera reintubación, entre otros con un alto índice de mortalidad reportada (Kimball et al., 2008)(Thanavaro & Forner, 2013)

La incisión quirúrgica en tórax o abdomen produce dolor y disfunción diafragmática comprometiendo la capacidad de lograr un volumen corriente eficaz al presentar reducción en las fuerzas de distención dentro del pulmón, esto sumado a la disminución en la inspiración por la depresión del sistema nervioso central causado por los analgésicos opioides de la anestesia (Manzano et al., 2008)(Boley et al., 2012) produce el colapso de los alvéolos que es un proceso patológico llamado atelectasias. (Westerdahl et al., 2005) Estas crean un defecto pulmonar restrictivo que causa reducción en la distensibildad pulmonar, compromete el aclaramiento mucociliar y la mecánica de tos, reduce el surfactante y predispone a infecciones. (Westwood et al., 2007) (Overend et al., 2001). Estas complicaciones están asociadas con el tiempo de hospitalización y el costo de los tratamientos al sistema de salud. (Grams et al., 2012)(Kempainen & Benditt, 2001)

Los factores de riesgo que más se encuentran asociados con la presencia de CPP son: pacientes con edad superior a 70 años, antecedente de tabaquismo, uso de alcohol, presencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) o asma, obesidad, dolor, pérdida de la fuerza en la musculatura respiratoria, hipertensión pulmonar e insuficiencia cardiaca congestiva, (Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, 2015)(Rezaiguia & Jayr, 1996)

Hay publicaciones dirigidas a las intervenciones para prevenir CPP, entre ellas están una correcta valoración y anamnesis del paciente, identificación y control de factores de

riesgo y la fisioterapia respiratoria como estrategia para mejorar la oxigenación, mecánica ventilatoria, higiene bronquial y fuerza muscular inspiratoria.(Manzano et al., 2008)

Algunas de las técnicas utilizadas en la fisioterapia respiratoria postoperatoria como la espirometría incentivada incluye el uso de un dispositivo que es de uso común en el ambiente hospitalario, al cual se le asumen beneficios relacionados con la capacidad pulmonar, la mejoría en la oxigenación en sangre y disminución en la aparición de atelectasias. (Agostini & Singh, 2009) El incentivo respiratorio es un dispositivo diseñado para estimular visualmente a los pacientes al momento de inhalar profunda y lentamente; estos pueden clasificarse como dispositivos orientados al volumen o dispositivos orientados a flujo, son portátiles y fáciles de manejar, sin embargo, hay estudios que muestran que no existen diferencias significativas comparados con la realización de solo ejercicios respiratorios (Santos, Pereira Dos, 2010)(Restrepo et al., 2011)(Overend et al., 2001); (Grams et al., 2012)(Junior et al., 2014)(Carvalho et al., 2011) Fisiológicamente hay diferencias en la orientación de los dispositivos, los incentivos respiratorios orientados al volumen tiene una mayor actividad diafragmática y disminuye el trabajo respiratorio aproximadamente al 50% comparado con los dispositivos orientados al flujo, por lo cual en diversas publicaciones los dispositivos orientados al volumen son los más recomendados en la intervención postoperatoria de cirugías abdominales y torácicas (Renault, Costa-Val, Rosseti, & Houri Neto, 2009)(Weindler & Kiefer, 2001) El dispositivo de incentivo respiratorio orientado al volumen mejor calificado en estudios científicos y de mayor referencia en as publicaciones los dispositivos orientados al volumen son los más recomendados en la intervención postoperatoria de cirugías abdominales y torácicas. (Agostini & Singh, 2009)(Paisani et al., 2013)(Lunardi et al., 2014) varios países es el dispositivo Voldyne®, no obstante, este no cuenta con registro sanitario en Colombia, por lo cual no puede ser utilizado para el presente estudio, por lo cual se utilizará el dispositivo orientado al volumen Spiro-ball® también referenciado en otros estudios científicos en diferentes países, con características similares al de mejor referencia y cuenta con registro sanitario en Colombia, además será utilizado el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB® de fabricación colombiana. (Mohamed, 2005)(Kulkarni et al., 2010)

Existen otro tipo de dispositivos para el entrenamiento de músculos inspiratorios, como lo es Threshould® IMT que tienen evidencia significativa comparado con el uso de los incentivos espiratorios o la fisioterapia convencional a la hora de mejorar la fuerza, el

volumen y la capacidad pulmonar. (Kulkarni et al., 2010)(Paiva et al., 2015)(Matheus et al., 2012)

Las pruebas de función pulmonar son utilizadas para el diagnóstico y monitorización de enfermedades respiratorias, siendo la espirometría la principal de ellas ya que permite medir volúmenes y capacidades pulmonares, información relevante para la intervención del paciente. (Bover, 2008) Los equipos de manovacuometría permiten mediciones de la presión inspiratoria y espiratoria máximas (PIM – PEM) (Bellinetti, Mylencovich, Tomson, 2006), variables que permiten evaluar indirectamente la fuerza global de los músculos respiratorios a través de la presión generada en la inspiración y la espiración, no solo en patologías neuromusculares, sino también en enfermedades pulmonares obstructivas que causen hiperinflación, enfermedades sistémicas o condiciones relacionadas con la disfunción respiratoria como una cirugía en tórax o en abdomen ya que compromete el diafragma.

Por tal motivo la espirometría y la manovacuometría son funcionales a la hora de medir la efectividad de algunas de las técnicas y dispositivos utilizados en la fisioterapia respiratoria de forma no invasiva. Para este estudio la espirometría y la manovacuometría nos permitirán la medición de variables como Presión Inspiratoria Máxima (PIMáx), Capacidad Vital Forzada (FVC), Capacidad Vital Inspiratoria Forzada (FIVC), Volumen Espiratorio Forzado en el 1 Segundo (FEV1), Flujo Inspiratorio Pico (PIF), Flujo Espiratorio Pico (PEF) con el fin de comparar tres dispositivos elegidos para la fisioterapia postoperatoria en tres momentos diferentes (preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío (10 días) y así evidenciar en los resultados la efectividad a la hora de la intervención terapéutica y su incidencia en la disminución de las complicaciones pulmonares postoperatorias en cirugías de tórax. (Pellegrino et al., 2005).

4. Planteamiento del Problema

Las cirugías abdominales y torácicas pueden presentar complicaciones pulmonares postoperatorias a causa del dolor, la anestesia, los analgésicos y el mismo procedimiento, que a su vez deprimen significativamente los movimientos inspiratorios y espiratorios de la respiración afectando la función pulmonar por disminución en la contracción del diafragma; para su prevención una de las intervenciones más utilizadas es la fisioterapia respiratoria postoperatoria, en la cual se incluyen diversas técnicas y usos de dispositivos con el fin de mejorar la relación ventilación - perfusión del paciente.

En Colombia el incentivo respiratorio es el dispositivo más utilizado, que varía su orientación y modelo según la elección de la institución prestadora de salud, sin embargo, existe un dispositivo de incentivo respiratorio de fabricación colombiana, con registro sanitario, muy utilizado en el medio hospitalario por su accesibilidad y bajo costo, que no cuenta con estudios científicos publicados hasta el momento.

En la literatura científica internacional se reporta el uso de dispositivos de incentivo respiratorio y dispositivos para el entrenamiento de músculos inspiratorios con la finalidad de prevenir o disminuir la presencia de complicaciones pulmonares postoperatorias en cirugías abdominales y torácicas, en los cuales las marcas de incentivo respiratorio más reportadas son Voldyne®, Coach 2® y Spiroball®; en dispositivos para el entrenamiento de músculos respiratorios está el Threshold ® IMT.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pretende comparar la efectividad del dispositivo colombiano Incentivo Respiratorio RSB® vs uno de los dispositivos de incentivo respiratorio reportados en estudios científicos con registro sanitario en Colombia SpiroBall® vs el dispositivo para el entrenamiento de músculos respiratorios está el Threshold ® IMT, para lo cual se desea responder la siguiente pregunta:

¿Qué efecto tiene el uso de los dispositivos Incentivo Respiratorio RSB® vs SpiroBall® vs Threshold® IMT en la Presión Inspiratoria Máxima, Capacidad Vital Forzada, Capacidad Vital Inspiratoria Forzada, Volumen Espiratorio Forzado en el 1 segundo, Flujo

Inspiratorio Pico y Flujo Espiratorio Pico en el postoperatorio de pacientes con cirugía torácica?

5. Objetivos de la investigación

5.1. Objetivo general

Evaluar comparativamente la Presión Inspiratoria Máxima, Capacidad Vital Forzada, Capacidad Vital Inspiratoria Forzada, Volumen Espiratorio Forzado en el 1 segundo, Flujo Inspiratorio Pico y Flujo Espiratorio Pico, en el uso del Incentivo Respiratorio RSB® vs Incentivo Respiratorio SpiroBall® vs Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT en pacientes con cirugía torácica a través de la prueba espirométrica y de manovacuometría.

5.2. Objetivos específicos

- Describir el comportamiento de las variables: presión inspiratoria máxima (PIMax),capacidad vital forzada (CVF), capacidad vital forzada inspiratoria (CVFI), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), flujo inspiratorio máximo (PIF) y flujo espiratorio máximo (PEF) con el uso del incentivo respiratorio RSB® en tres momentos diferentes(preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío) en pacientes con cirugía torácica en el Hospital Universitario San Ignacio de Bogotá
- Describir el comportamiento de las variables: presión inspiratoria máxima (PIMax),capacidad vital forzada (CVF), capacidad vital forzada inspiratoria (CVFI), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), flujo inspiratorio máximo (PIF) y flujo espiratorio máximo (PEF) con el uso del incentivo respiratorio SpiroBall® en tres momentos diferentes(preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío) en pacientes con cirugía torácica en el Hospital Universitario San Ignacio de Bogotá
- Describir el comportamiento de las variables: presión inspiratoria máxima (PIMax),capacidad vital forzada (CVF), capacidad vital forzada inspiratoria (CVFI), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), flujo inspiratorio

máximo (PIF) y flujo espiratorio máximo (PEF) con el uso del entrenador de músculos respiratorios Threshold® IMT en tres momentos diferentes(preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío) en pacientes con cirugía torácica en el Hospital Universitario San Ignacio de Bogotá

- Comparar el comportamiento de las variables medidas en los tres momentos diferentes en los dispositivos Incentivo Respiratorio RSB® vs Incentivo Respiratorio SpiroBall® vs Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT
- Identificar las complicaciones pulmonares postoperatorias presentadas en los pacientes del estudio posterior a la cirugía.
- Formular un protocolo de recomendaciones para mejorar la intervención en la fisioterapia respiratoria en el postoperatorio de cirugía torácica enfocado a la prevención de complicaciones pulmonares postoperatorias teniendo en cuenta los datos reportados en el presente estudio.

6. Metodología

6.1. Diseño del estudio

Este fue un ensayo clínico aleatorizado (ECA) controlado.

Teniendo en cuenta los tipos de dispositivos que se utilizaron era inevitable cegar al investigador, ya que por características físicas se reconoce y diferencia el dispositivo asignado a cada paciente.

6.1.1. Limitaciones y Sesgos

En el diseño del estudio se tuvo en cuenta la posible presentación de sesgos de confusión teniendo en cuenta el amplio grupo de cirugías abdominales y torácicas, por lo cual se adoptaron las recomendaciones realizadas por del comité de investigaciones del Hospital Universitario San Ignacio y se decidió limitar el grupo de pacientes a los de cirugías de tórax teniendo en cuenta el abordaje quirúrgico y presentación, que al ser aleatorizado permitió una homogenización de los grupos proporcionando el mejor grado de evidencia para confirmar la relación dispositivo – paciente. Todas las características que pudieron influir en el riesgo de desarrollar un sesgo quedaron distribuidas entre los grupos en contraste, (edad, sexo, masa corporal u otras características que no se midieron), por tanto, los posibles confusores.

En cuanto a los posibles sesgos de selección, las personas hospitalizadas fueron representativas de la población que ingresa a un acto quirúrgico de tórax al cual se le deben realizar protocolos de cuidado respiratorio para evitar complicaciones pulmonares postoperatorias, lo que permitió que la muestra calculada fuera representativa de la población general, sin embargo, el corto tiempo para reclutar los pacientes solo permite presentar una muestra parcial, de la muestra representativa, que de igual forma indica un comportamiento en los resultados ya obtenidos. En este estudio no existieron sesgos de información por su característica prospectiva y todas las mediciones se tomaron de forma directa para cada caso. No existieron sesgos de recordación.

En cuanto a las limitaciones del estudio, se tuvo en cuenta los datos estadísticos de las cirugías de tórax realizadas en el 2014 con el fin de seleccionar aquellas que hicieran parte de los criterios de inclusión, siendo el tamaño muestral representativo estadísticamente para este estudio. Se propone a futuro extender este protocolo a otro grupo de cirugías.

6.1.2. Consideraciones Éticas

El presente estudio fue aprobado y avalado por el comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y posteriormente aprobado y avalado por el comité de Investigaciones del Hospital Universitario San Ignacio, por lo que los investigadores se atuvieron estrictamente a lo dispuesto por el protocolo aprobado, realizando la recolección de datos según lo documentado.

El presente estudio no intervino en el protocolo de manejo del paciente programado para cirugía torácica, simplemente se limitó a hacer mediciones previas a la cirugía y posteriores en relación a la intervención por fisioterapia respiratoria.

Los pacientes que participaron en el estudio fueron informados de: 1. Los objetivos del estudio, 2. El funcionamiento del dispositivo asignado, la prueba espirométrica y de manovacuometría 3. Los posibles efectos del uso del dispositivo.

La información de los pacientes está contenida en la Historia Clínica institucional, de igual manera los datos necesarios para la investigación fueron de carácter confidencial y de manejo exclusivo del investigador.

Este protocolo de investigación se rige según las “Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud” establecidas en la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud y resolución 002378 del 25 de Junio de 2008 por la cual se adopta las buenas prácticas clínicas para las instituciones que conducen investigación en seres humanos.

De acuerdo, al artículo 11 de la resolución 0008430/93 la presente investigación es de riesgo mínimo, teniendo en cuenta que los dispositivos que se van a utilizar ya cuentan con registro sanitario y son de uso rutinario en el tratamiento clínico para pacientes con postoperatorio cirugía torácica.

La espirometría y la manovacuometría son pruebas de función pulmonar para el diagnóstico o seguimiento a los pacientes, no tiene mayores limitaciones en su aplicación, sin embargo, se realizó un consentimiento informado bajo los lineamientos del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual fue firmado por cada uno de los pacientes incluidos en el estudio.

6.1.3. Consentimiento informado

Previo al estudio, los pacientes voluntarios recibieron información oral y escrita con respecto al diseño, finalidad del estudio y posibles riesgos que de él podían derivarse (Anexo A). Los pacientes que accedieron a participar en el mismo, firmaron su consentimiento, dejando registro del mismo en la historia clínica institucional, sin condicionarlo que en cualquier momento y de forma voluntaria también pudiese revocarlo o abandonar el estudio.

6.1.4. Conflicto de Intereses

Este estudio no presenta conflicto de intereses

6.2. Población, muestra y tamaño muestral

6.2.1. Población

Se identificaron un total de 52 pacientes candidatos a cirugía de tórax, de los cuales solo 28hombres y mujeres entre 18 y 60 años de edad, con indicación de cirugía torácica intervenidos en el Hospital Universitario San Ignacio durante un periodo de octubre 2015 – enero 2016 cumplieron con los criterios de inclusión; 15 pacientes hicieron parte de la totalidad del protocolo, 8 pacientes aún están pendientes de mediciones, 3 pacientes se retiraron de forma voluntaria después de la primera medición, 1 paciente falleció en el procedimiento quirúrgico y 1 paciente presento complicaciones derivadas de la cirugía posterior a la segunda medición por lo que reingreso a Unidad de Cuidados Intensivos con un Infarto Agudo al Miocardio.

6.2.2. Criterios de inclusión

Se seleccionaron pacientes hombres y mujeres que cumplieron con las siguientes características:

- Hombres y Mujeres de18 a 60 años de edad
- Indicación de cirugía torácica programada de:
    - Anastomosis Coronaria para Revascularización Cardiaca de uno o más Vasos con Vena Safena por Esternotomía o Toracotomía
    - Anastomosis Simple o Secuencial de Arteria Mamaria-arteria Coronaria por Esternotomía o Toracotomía
    - Lobectomía Segmentaria (Lobectomía Parcial o Resección en Cuña) SOD
    - Lobectomía Total Pulmonar SOD
    - Pericardiotomia SOD
    - Reemplazo de la Válvula Aortica con Prótesis Mecánica o Bioprotesis (autologa o Heterologa) SOD
    - Reemplazo de la Válvula Aortica y Aorta Ascendente SOD
    - Reemplazo de Válvula Mitral con Prótesis o Bioprotesis (autologa o Heterologa) SOD
    - Resección en cuña pulmonar por Toracoscopia
    - Toracostomía para Drenaje Cerrado [tubo de Tórax] SOD

- Pacientes del Hospital Universitario San Ignacio

6.2.3. Criterios de exclusión

Pacientes que presentaron previamente:

- Inestabilidad Hemodinámica
- Trombo Embolismo Pulmonar
- Neumotórax Reciente (2 semanas)
- Hemoptisis Aguda
- Infecciones Respiratorias Activas (Tuberculosis, norovirus o influenza, entre otros)

- Aneurisma cerebral o de la Aorta
- Angina inestable 8 días antes a la cirugía o durante el programa
- Insuficiencia cardiaca congestiva descompensada
- Discapacidad cognitiva, psicosocial o física que impida participar de forma voluntaria y ejecutar el protocolo prescrito
- Arritmia ventricular compleja no controlada
- Hipertensión Arterial no controlada (cifras sistólicas >180mmHg, diastólicas >90 en condiciones preoperatorias)
- Accidente Cerebro Vascular hace menos de 3 años
- Hipertensión Intracraneal
- Desprendimiento agudo de Retina
- Pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos mayores en los últimos 6 meses
- Problemas bucodentales u orofaciales que impidan la realización de la espirometría y el uso de los dispositivos
- Paciente que requirieron de intubación por un periodo mayor a 72 horas posteriores a la cirugía o reintubación durante el programa.

6.2.4. Muestra y Cálculo del Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra se calculó con base a los estudios previamente realizados sobre el uso de dispositivos en la fisioterapia respiratoria postoperatoria de torácica tomando como referencia la medición espirométrica y manovacuometría. Teniendo en cuenta para la estimación la variable principal PIMax. (Suresh & Chandrashekara, 2012)

El investigador decidió que se iba a tener un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$ y pretendió identificar un resultado de una cola. En este caso se tomó una diferencia positiva a una cola y el valor de Zα fue de 2.33, S= 2.16 y d= 1.05, teniendo presente la desviación estándar para la variable del artículo de referencia. La muestra será balanceada para los 3 grupos.

$$N = \frac{z_\alpha^2\, s^2}{d^2}$$

$$N = \frac{(2.33)^2\ (2.16)^2}{(1.05)^2}$$

$$N = \frac{5.42(4.66)}{1.1}$$

$$N \approx 23$$

Tamaño de muestra ajustado:

$$N_{adj} = \frac{23}{(1 - 0.10)} = \frac{23}{0.9} = 26$$

De acuerdo al cálculo se recomiendan 26 sujetos en cada Grupo con el fin de obtener diferencias con una P< 0,01.

Durante el periodo del estudio planteado, fue posible obtener un total de 15 pacientes que cumplieron la totalidad del protocolo; dichos sujetos realizaron y las actividades programadas. Se realiza este análisis para identificar el comportamiento de los resultados con estos pacientes expuestos.

6.3. Variables

Tabla 8. Tabla operacional de las variables incluidas en el estudio.

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERATIVA	NIVEL DE MEDICION	CATEGORIAS
Género	Totalidad de características de la estructura reproductiva, funciones, fenotipo y genotipo que diferencian los organismos masculinos de los femeninos	Nominal	1. Masculino 2. Femenino
Edad	Años cumplidos desde el nacimiento	Continua	Variable continua
Peso	Masa o cantidad de masa de un individuo expresada en kilogramos	Continua	Variable continua
Talla	Altura o longitud de un individuo expresada en centímetros	Continua	Variable continua
Índice de Masa Corporal	Peso por talla al cuadrado	Continua	Variable continua
Presión Inspiratoria Máxima (PIM)	Valor proporcionado en centímetros cúbicos de agua en relación con el predicho según género y edad	Continua	Variable continua
Capacidad Vital Forzada (FVC)	Valor en porcentaje del FVC del predicho para la edad	Continua	Variable continua
Capacidad Vital Inspiratoria Forzada (FIVC)	Valor en porcentaje del FIVC del predicho para la edad	Continua	Variable continua
Volumen Espiratorio Forzado en el 1 Segundo (FEV1)	Valor en porcentaje del FEV 1 del predicho para la edad	Continua	Variable continua
Flujo Inspiratorio Pico (PIF)	Valor en porcentaje del PIF del predicho para la edad	Continua	Variable continua
Flujo Espiratorio Pico (PEF)	Valor en porcentaje del PEF del predicho para la edad	Continua	Variable continua

6.4. Hipótesis

6.4.1. Hipótesis Nula

NO existe diferencia en el comportamiento del PIM y del comportamiento de la variables espirométricas y complicaciones pulmonares postoperatorias entre los tres dispositivos utilizados en la intervención de fisioterapia respiratoria postoperatoria en pacientes con cirugía torácica

6.4.2. Hipótesis Alterna

SI existe alguna diferencia en el comportamiento del PIM y del comportamiento de la variables espirométricas y complicaciones pulmonares postoperatorias entre los tres dispositivos utilizados en la intervención de fisioterapia respiratoria postoperatoria en pacientes con cirugía torácica

6.5. Procedimientos del estudio

Los pasos a seguir durante la implementación del estudio se dieron desde el momento de consecución e inclusión de los pacientes voluntarios, hasta el seguimiento posterior de su cirugía.

6.5.1. Selección de los sujetos de estudio

En el presente estudio se incluyeron todos los pacientes candidatos a cirugía torácica del Hospital Universitario San Ignacio que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión durante los meses de octubre 2015 – enero 2016

6.5.2. Proceso de Información y registro de los voluntarios

Todos los paciente candidatos a cirugía torácica (que fueran operados por el departamento de cirugía de tórax o de cirugía cardiovascular) fueron informados sobre el estudio que se llevó a cabo, se les entregaba una carpeta con una copia del

consentimiento informado con el fin de ser leído por el paciente y sus familiares; una vez el paciente realizaba preguntas y resolvía dudas acerca de su participación manifestaba su participación o no en el estudio de forma voluntaria.

A los pacientes que accedieron a participar del estudio se le tomó el registro de datos junto a la firma del consentimiento informado, (Ver Anexo A) que a su vez autorizaba el acceso a su historia clínica con el fin de obtener información de sus antecedentes, exámenes clínicos, registros médicos y hospitalarios. Una vez se establecía el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión era incluido en el estudio y se procedía a tomar medidas de control de signos vitales y medidas antropométricas de talla y peso.

6.5.3. Aleatorización

Se incluyeron en el estudio (15) sujetos, divididos en tres (3) grupos, cada uno de 5 pacientes, asignándolos de forma aleatorización el sistema de bloques cruzados. A cada paciente que llegaba al estudio se le presentaba el dispositivo que utilizaría durante su postoperatorio, lo que permitió entrenarlo previamente en su uso correcto, dando las especificaciones necesarias para que cumpliera con el protocolo. La asignación quedo de la siguiente manera.

Grupo RSB (Grupo A): 5 Pacientes candidatos a cirugía torácica quienes fueron intervenidos por fisioterapia respiratoria desde su postoperatorio inmediato con el uso del dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®

Grupo SPIROBALL (Grupo B): 5 Pacientes candidatos a cirugía torácica quienes fueron intervenidos por fisioterapia respiratoria desde su postoperatorio inmediato con el uso del dispositivo Incentivo Respiratorio SpiroBall®

Grupo THRESHOLD (Grupo C): 5 Pacientes candidatos a cirugía torácica quienes fueron intervenidos por fisioterapia respiratoria desde su postoperatorio inmediato con el uso del dispositivo para entrenamiento de músculos respiratorios Threshold ® IMT.

6.5.4. Mediciones

Evaluación pre-quirúrgica.

Después de presentar el dispositivo asignado por el estudio al paciente se le toma la oximetría, frecuencia cardiaca y tensión arterial con el fin de verificar que se encuentra dentro de los valores de normalidad así mismo proceder

con la prueba de manovacuometría con el fin de obtener la PIMax. Para este proceso se utilizó el equipo MicroRPM™ (Respiratory Pressure Meter, Care Fusion Hoechberg, Germany.)

- Se ubicó al paciente sentado en una silla lo más confortable posible, que le permitiera apoyar su espalda y mantener una postura erguida.
- Se alistó el equipo acoplando el filtro antimicrobiano, la válvula inspiratoria y la boquilla
- Se instruyó sobre cómo se realizaría la maniobra y se le permitió que acoplara la boquilla en su boca para su reconocimiento previo.
- Se colocó la pinza nasal y se procedió a realiza tres mediciones con intervalos mínimos 1 minuto entre prueba y prueba, de las cuales el valor más alto obtenido sería el registrado.

Para la prueba de espirometría se utilizó el equipo Spirolab® III con un portátil adaptado, con el fin de guardar la información de cada registro a través del software Winspiro® PRO 5.7.2

- Se utilizó la misma posición del paciente que para la prueba anterior.
- Se alistó el equipo acoplando la boquilla desechable
- Se instruyó sobre cómo realizar la maniobra y se le permitió que acoplara la boquilla en su boca para su reconocimiento previo, se hizo la primera medición de prueba.
- Se colocó la pinza nasal y se procedió a realizar mínimo 3 mediciones que cumplieran con los estándares de aceptabilidad y repetibilidad recomendados por la SEPAR (García-río et al., 2013), con un máximo de 8 repeticiones con intervalos de descanso de un minuto.

Evaluación Postoperatorio Inmediato

Se realizaron las mismas mediciones que el preoperatorio, sin embargo, si el paciente no podía sentarse en silla, las mediciones se hicieron en sedente largo con ayuda de la cama eléctrica. Los pacientes se mantuvieron monitoreados durante toda la medición y el tiempo de espera entre prueba y prueba varió de acuerdo a la estabilidad de los signos vitales y el confort del paciente.

Teniendo en cuenta el dolor presentado por el procedimiento quirúrgico se verificó el control de dolor en el paciente previo a las mediciones, teniendo en cuenta no tener una calificación mayor a 4/10 en la Escala Análoga Verbal, de lo contrario se posponía en las horas siguientes.

Respecto a la aceptabilidad y repetibilidad de la prueba de espirometría se aceptaron curvas de características similares pese a su morfología con un tiempo espiratorio mínimo de 3 segundos.

Una vez finalizada la prueba se dieron indicaciones de uso sobre el dispositivo asignado por el estudio, con indicación de no usar ningún otro dispositivo

Evaluación Postoperatorio Tardío (10 días)

Se realizaron las mismas mediciones que el preoperatorio de forma ambulatoria, ya que todos los pacientes ya habían sido dados de alta para esa fecha, sin embargo, el control con el cirujano se programaba 10 días posterior al procedimiento, lo que permitió las mediciones posterior a la consulta de control.

6.5.5. Implementación del protocolo por fisioterapia respiratoria.

Grupo RSB

Los pacientes del GC recibieron intervención fisioterapéutica respiratoria tradicional utilizando el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB® desde el postoperatorio inmediato con indicación de hacerlo mínimo cada 2 horas en 3 series de 10 repeticiones durante el día en el volumen alcanzado por el paciente, este se iba incrementando de acuerdo a la evolución del paciente.

Grupo Spiroball

Los pacientes del GS recibieron intervención fisioterapéutica respiratoria tradicional utilizando el dispositivo SpiroBall® desde el postoperatorio inmediato con indicación de hacerlo mínimo cada 2 horas en 3 series de 10 repeticiones durante el día en el volumen alcanzado por el paciente, este se iba incrementando de acuerdo a la evolución del paciente.

Grupo Threshold

Los pacientes del GT recibirán intervención fisioterapéutica respiratoria tradicional utilizando el dispositivo Threshold ® IMT al 40% del PIMáx registrado en el postoperatorio inmediato con indicación de hacerlo mínimo 3 veces en el día durante 10 minutos, este se iba incrementando un 5% del valor predicho cada 3 día de acuerdo a la evolución del paciente.

6.6. Instrumentación

Las mediciones espirométricas se realizaran con el equipo Spirolab III (Italy). La medición fue realizada por un solo un investigador, el equipo no requirió de calibración previa.

Se utilizó pinza nasal y boquilla desechable antimicrobiana FlowMIR por paciente cumpliendo con los últimos estándares ATS / ERS con el fin de evitar infecciones cruzadas y se cumplió con los protocolos de higiene establecidos por el comité de infecciones de la institución.

Figura 17. Spirolab III®

Las mediciones de manovacuometría se realizaron con el equipo MicroRPM™ (Respiratory Pressure Meter, Care Fusion Hoechberg, Germany.)La medición fue realizada por solo un investigador. Fue necesario utilizar pinza nasal, filtro antimicrobiano por paciente, la válvula inspiratoria y la boquilla acoplada esterilizable se reprocesaron posterior a cada medición acorde con los protocolos de esterilización en frio establecidos por la institución, evitando infecciones cruzadas y cumpliendo con los protocolos de higiene establecidos por el comité de infecciones de la institución.

Figura 18MicroRPM™ ®

6.7. Análisis de Datos

Para las diferentes variables se realizó la prueba de Shapiro-Wilk donde la hipótesis nula H_0 corresponde a que los datos muestrales siguen una distribución normal. En las diferentes variables se demostró que los datos no presentan distribución normalidad de los datos.

Por lo anterior se realizó el análisis aplicándole el test no paramétrico de Kruskal-Wallis el cual permite encontrar diferencias estadísticamente significativas en cada una de las variables analizadas con las intervenciones y los dispositivos que se utilizaron en este estudio. Para el análisis de pares, posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney.

Para el análisis de las variables y sus resultados se utilizó Software Microsoft Office Excel 2010 con licencia de funcionamiento y el programa estadístico R- Project (Software Libre).

7. Resultados

7.1. Características Demográficas de la Población

Para este estudio inicialmente se seleccionaron 24 pacientes voluntarios, hombres y mujeres entre los 18 y 60 años de edad, los cuales fueron sometidos a cirugía de tórax, ocho se excluyeron del análisis de resultados de los cuales un paciente falleció durante el procedimiento, un paciente tuvo complicaciones postoperatorias derivadas de la cirugía posterior a la segunda intervención y requirió reingreso a la unidad de cuidados intensivos con reintubación, tres pacientes voluntariamente se retiraron del estudio después de la primera medición y cuatro pacientes aún no completaban la tercera medición para el momento del análisis.

Los pacientes fueron divididos aleatoriamente en tres grupos balanceados y categorizados mediante el dispositivo que se utilizó durante la intervención por fisioterapia respiratoria postoperatoria, por lo cual cuentan con el mismo número de unidades muestrales $(n = 5)$.Los datos demográficos de edad e Índice de Masa Corporal que se muestran en la tabla 9 se expresan como medias ($\pm$ desviación estándar); el Grupo A o Grupo Control(Intervenido con el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®) estuvo conformado por 5 pacientes, 1 mujer y 4 hombres de edad promedio de 50.8 ($\pm$9.88) años, de los cuales el 40% dijeron ser exfumadores y el 60% nunca haber fumado, el Grupo B o Grupo Spiroball(Intervenido con el dispositivo Incentivo Respiratorio SpiroBall ®) estuvo conformado por 5 pacientes, 3 mujeres y 2 hombres de edad promedio de 38.2 ($\pm$ 17.16) años, de los cuales el 20% dijeron ser fumadores y el 80% nunca haber fumado y el Grupo C o Grupo Threshold (Intervenido con el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold ® IMT)estuvo conformado por 5 pacientes, 1 mujer y 4 hombres de edad promedio de 45.6 ($\pm$ 16.63) años, de los cuales el 20% dijeron ser fumadores, el 20% ser exfumadores y el 60% nunca haber fumado.

Para el Índice de Masa Corporal (IMC) calculado con los datos de peso en kilogramos y talla en metros de los pacientes, presentaron una media de 25,61 ($\pm$ 2,96) para el Grupo A, 21,62 ($\pm$ 2,92) para el Grupo B y 21,55 ($\pm$ 3,58) para el Grupo C, clasificando a los pacientes del estudio alrededor del estado nutricional de *Peso Normal* con baja tendencia al sobrepeso (Ver Tabla 10)

Respecto a los procedimientos quirúrgicos a los cuales se sometieron los pacientes fueron: el 6,6% (n=1) Toracostomía colocación Barras de Nuss, 6,6% (n=1) Toracostomía colocación Barras de Nuss más Toracostomía Cerrada, 6,6% (n=1) Biopsia de masa mediastinal por toracoscopia más Toracostomía Cerrada, 13,3% (n=2) Biopsia pleural por toracoscopia más Toracostomía Cerrada, 13,3% (n=2) Lobectomía total más Toracostomía Cerrada, 26,6% (n=4) Reemplazo Valvular Aórtico y/o Mitral, 13,3% (n=2) Revascularización Miocárdica y el 13,3% (n=2) Toracostomía Cerrada.

Tabla 9. Características Demográficas de la Población.

Variables	**(Grupo A) Grupo RSB**	**(Grupo B) Grupo SpiroBall**	**(Grupo C) Grupo Threshold**
Edad (años) (DE) IC (95%)	50.8 ± 9.88 (31.42;70.17)	38.2 ± 17.16 (4.55;74.19)	45.6 ± 16.63 (12.99;78.21)
Género	1 (F) / 4 (M)	3 (F) / 2 (M)	1 (F) / 4 (M)
IMC $(\mathrm{kg/m^2})$(DE) IC (95%)	25.61 ± 2.96 (19.81; 31.40)	21.62 ± 2.92 (15.88;27.36)	21.55 ± 3.58 (14.53;28.57)
Fumadores	0	1	1
Exfumadores	2	0	1
No fumadores	3	4	3
Procedimiento			
• Toracostomía cerrada	2	3	3
• Reemplazo valvular Aórtico y/o Mitral	2	2	0
• Revascularización miocárdica	1	0	1
• Biopsia de masa mediastinal	1*	0	0

por toracoscopia			
• Toracostomía colocación barras de Nuss	0	1*	1
• Lobectomía total por toracoscopia	0	1*	1*
• Biopsia pleural	0	1*	1*

IMC: Índice de masa corporal; F: Femenino; M: Masculino; DS: Desviación Estándar. Edad e IMC calculados en media (± DE).* Procedimientos que estuvieron acompañados de Toracostomía Cerrada.

Tabla 10. Estado Nutricional

IMC	Estado Nutricional
Menor que 18.5	Peso insuficiente
18.5–24.9	Peso Normal
25.0–29.9	Pre-obesidad
30.0–34.9	Obesidad clase I
35.0–39.9	Obesidad clase II
Mayor que 40	Obesidad clase III

Tomado de: http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi

7.2. Comparación entre los Grupos de Estudio

A partir de los 3 momentos de medición (Evaluación pre-quirúrgica, Postoperatorio Inmediato y Postoperatorio Tardío (10 días)), se midieron con cada uno de los 3 dispositivos ya mencionados las siguientes 7 variables: PIM, FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, FIVC y PIF. Los resultados que se muestran en la siguiente tabla se expresan como medias (± desviación estándar):

Tabla 11. Comparación entre los Grupos de Estudio

Variables	Pre-quirúrgica			Postoperatorio Inmediato			Postoperatorio Tardío (10 días)		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo A	Grupo B	Grupo C
PIM	62.2 ± 15.16	64.8 ± 16.81	58.20 ±22.14	33.00 ± 14.18	18.40 ± 5.32	34.00 ± 9.67	48.00 ± 12.55	44.60 ± 18.12	57.20 ± 13.07
Valor Pronosticado	72.55 ± 10.46	68.45 ± 15.67	73.79 ±12.74	72.55 ± 10.46	68.45 ± 15.67	73.79 ± 12.74	72.55 ± 10.46	68.45 ± 15.67	73.84 ± 12.75
$IC_{0.95}$	(32.48 , 91.91)	(31.85 , 97.74)	(14.8 , 101.59)	(5.21 , 60.79)	(7.97 , 28.82)	(15.04 , 52.95)	(23.40, 72.59)	(9.08, 80.11)	(31.58, 82.81)
FVC	2.67 ±1.0	3.43 ±1.11	3.61 ±1.52	1.44 ±0.42	1.61 ±0.49	2.01 ±0.73	2.51 ±0.65	2.26 ±0.31	3.29 ±0.89
Valor Pronosticado	3.69 ±0.87	3.95 ±1.50	3.90 ±1.01	3.69 ±0.87	3.95 ±1.50	3.91 ±1.00	3.69 ±0.87	4.11 ±1.47	3.92 ±0.98
$IC_{0.95}$	(0.71, 4.63)	(1.25, 5.6)	(0.63, 6.59)	(0.61, 2.26)	(0.64, 2.57)	(0.58, 3.44)	(1.23, 3.78)	(1.65, 2.86)	(1.54, 5.03)
FEV1	2.10 ±0.77	2.57 ±0.64	2.90 ±1.09	1.17 ±0.24	1.24 ±0.38	1.68 ±0.66	2.01 ±0.54	1.74 ±0.40	2.65 ±0.73
Valor Pronosticado	3.02 ±0.70	3.34 ±1.24	3.22 ±0.82	3.02 ±0.70	3.34 ±1.24	3.23 ±0.81	3.02 ±0.70	3.45 ±1.22	3.23 ±0.80
$IC_{0.95}$	(0.59 , 3.6)	(1.31 , 3.82)	(0.76 , 5.03)	(0.69 , 1.64)	(0.49 , 1.98)	(0.38 , 2.97)	(0.95 , 3.06)	(0.95 , 2.52)	(1.21 , 4.08)
PEF	5.02 ±2.07	5.35 ±2.29	6.73 ±2.24	2.58 ±0.84	2.26 ±0.71	3.57 ±1.99	5.12 ±1.39	3.35 ±1.37	5.98 ±2.05
Valor Pronosticado	7.75 ±1.33	7.83 ±2.30	8.05 ±1.51	7.75 ±1.33	7.83 ±2.30	8.06 ±1.51	7.75 ±1.33	8.20 ±2.21	8.07 ±1.49
$IC_{0.95}$	(0.96 , 9.07)	(0.86, 9.83)	(2.33, 11.1)	(0.93 , 4.22)	(0.86 , 3.65)	(-0.33 , 7.47)	(2.39 , 7.84)	(0.66 , 6.03)	(1.96 , 9.99)
FEV1/FVC	79.22 ± 3.25	76.30 ± 7.93	81.32 ±6.07	83.46 ± 10.60	77.14 ± 5.38	81.59 ± 3.93	79.90 ± 4.74	76.32 ± 9.09	80.44 ± 2.72
Valor Pronosticado	78.33 ± 1.74	80.84 ± 2.03	79.01 ±2.26	78.33 ± 1.74	80.84 ± 2.03	79.01 ± 2.26	78.33 ± 1.74	80.55 ± 2.12	79.01 ± 2.26
$IC_{0.95}$	(72.85 ,85.59)	(60.75 ,91.84)	(69.43, 93.21)	(62.68 ,104.2)	(66.59 ,87.68)	(73.88 ,89.29)	(70.6 , 89.19)	(58.5 , 94.13)	(75.1 , 85.77)
FIVC	2.43 ±0.81	3.29 ±1.21	3.34 ±1.30	1.26 ±0.47	1.47 ±0.47	1.82 ±0.61	2.38 ±0.59	2.10 ±0.45	3.02 ±0.87
Valor Pronosticado	3.69 ±0.87	3.95 ±1.50	3.90 ±1.01	3.69 ±0.87	3.95 ±1.50	3.91 ±1.00	3.69 ±0.87	4.11 ±1.47	3.92 ±0.98
$IC_{0.95}$	(0.84 , 4.01)	(0.91 , 5.66)	(0.79 , 5.88)	(0.33 , 2.18)	(0.54 , 2.39)	(0.62 , 3.01)	(1.22 , 3.53)	(1.21 , 2.98)	(1.31 , 4.72)
PIF	2.74 ±1.02	4.27 ±1.65	3.71 ±0.89	1.52 ±0.65	1.47 ±0.69	2.16 ±0.75	2.60 ±0.30	2.68 ±1.28	3.70 ±1.42
Valor Pronosticado	7.75 ± 1.33	7.83 ±2.30	8.05 ±1.51	7.75 ±1.33	7.83 ±2.30	8.06 ±061	7.75 ±1.33	8.20 ±2.21	8.07 ±1.49
$IC_{0.95}$	(0.74, 4.73)	(1.03 , 7.50)	(1.96 , 5.45)	(0.24 , 2.79)	(0.11 , 2.82)	(0.69 , 3.63)	(2.01 , 3.18)	(0.17 , 5.18)	(0.91 , 6.48)

PIM: Presión Inspiratoria Máxima (cmH2O), FVC: Capacidad Vital Forzada (litros); FEV1: Volumen Espiratorio Forzado en el 1er segundo (litros); PEF: Flujo Espiratorio Pico (litros s−1), FEV1/FVC: Cociente, muestra una relación entre estas dos

variables expresada en %, PIF: Flujo Inspiratorio Pico (litros s−1).IC: Intervalo de Confianza (95%).Las variables en la tabla anterior se describen como $media \pm desv.estándar$.

Los aspectos a resaltar más importantes que se identificaron en este estudio y que serán desarrollados de manera más amplia a continuación fueron los siguientes:

En la evaluación prequirúrgica para las diferentes variables se muestra que todos los grupos presenta valores similares, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en este momento.

Al evaluar los cambios espirométricos y de manovacuometría en el postoperatorio inmediato se evidencia importantes disminuciones en todos los valores, siendo este los resultados esperados por el dolor y el tipo de abordaje quirúrgico; valores que se recuperaron en el postoperatorio tardío a los 10 días de la intervención, mostrando que los tres dispositivos respiratorios utilizados en la fisioterapia respiratoria postoperatoria cumplieron con el objetivo de rehabilitación pulmonar.

En el siguiente apartado se muestran los resultados de manera específica, para cada variable en estudio y comparando los grupos de intervención, identificando si existen o no diferencias estadísticamente significativas

7.2.1. Presión Inspiratoria Máxima

Se evaluaron cambios en la fuerza global de los músculos inspiratorios antes del procedimiento quirúrgico, en el postoperatorio inmediato y en el postoperatorio tardío (10 días). La Tabla 9 muestra los promedios de la variable PIM (Presión Inspiratoria Máxima) obtenidos por el Grupo A, Grupo B y Grupo C en los tres tiempos de medición.

Al realizar el análisis intragrupal, la media de la presión inspiratoria máxima preoperatoria para el Grupo A (PreA) fue de 62,2 (± 15,16) cmH2O, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 33,00 (± 14,18) cmH2O presentado una disminución de 29,2 cmH2O, estadísticamente significativo teniendo en cuenta la influencia de los procedimientos quirúrgicos a los cuales fueron sometidos los pacientes del grupo (p=

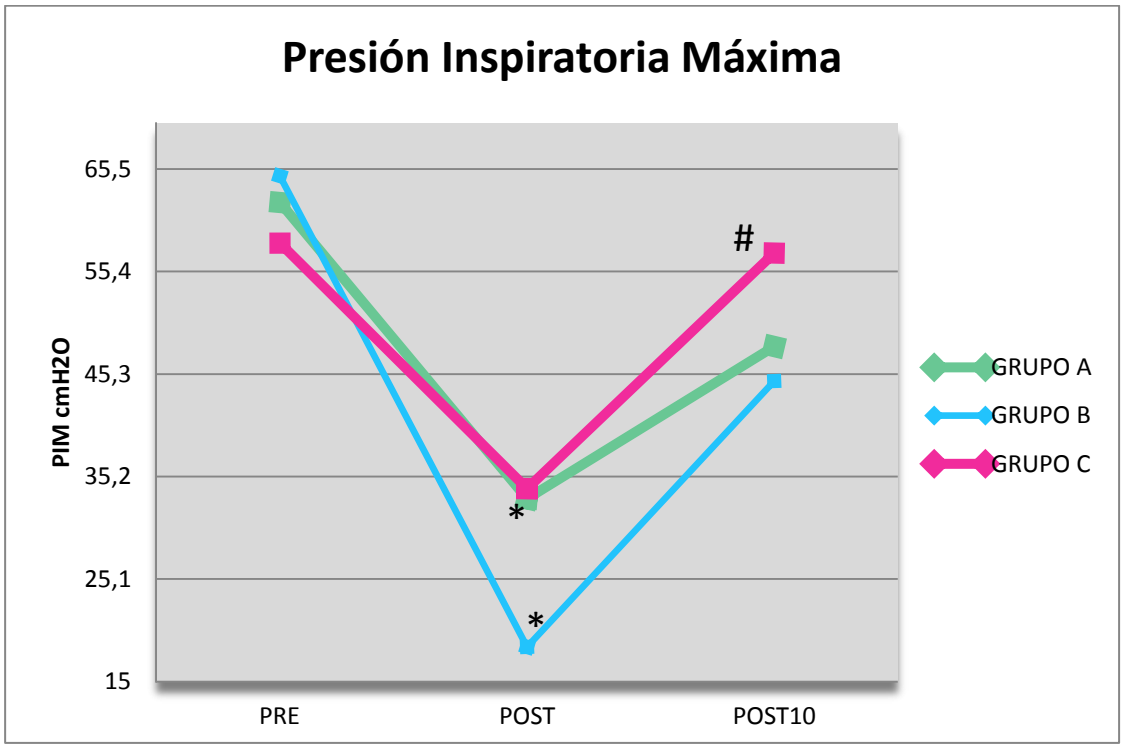
0,03615). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 48,00 (± 12,55), incrementando 15,00 cm H2O después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, no siendo estadísticamente significativo (p= 0,07403). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de 14,15 cmH2O sin haber significancia estadística (p= 0,2492) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10Ahubo significancia estadística (p= 0,03596).

Para el Grupo B la media de la presión inspiratoria máxima preoperatoria (PreB) fue de 64,8 (± 16,81) cmH2O, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 18,40 (± 5,32)cmH2O presentado una disminución de 46,4 cmH2O, estadísticamente significativo teniendo en cuenta la influencia de los procedimientos quirúrgicos para los pacientes de este grupo (p= 0,007937). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 44,60 (± 18,12), incrementando 26,20 cm H2O después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, no siendo estadísticamente significativo (p= 0,1161). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 20,2 cmH2O sin haber significancia estadística (p= 0,09524). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B hubo significancia estadística (p= 0,01336).

En el Grupo C la media de la presión inspiratoria máxima preoperatoria (PreC) fue de 58,20 (± 22,14) cmH2O, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 34,00 (±9,67)cmH2O presentado una disminución de 24,2 cmH2O, estuvo muy cerca de ser estadísticamente significativa teniendo en cuenta que lo paciente fueron sometidos a diferentes procedimientos quirúrgicos (p= 0,05). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 57,20 (± 13,07), incrementando 23,20 cm H2O después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold IMT®, siendo estadísticamente significativo (p= 0,01587). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 1 cmH2O sin haber significancia estadística (p= 1) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C hubo significancia estadística (p= 0,03652).

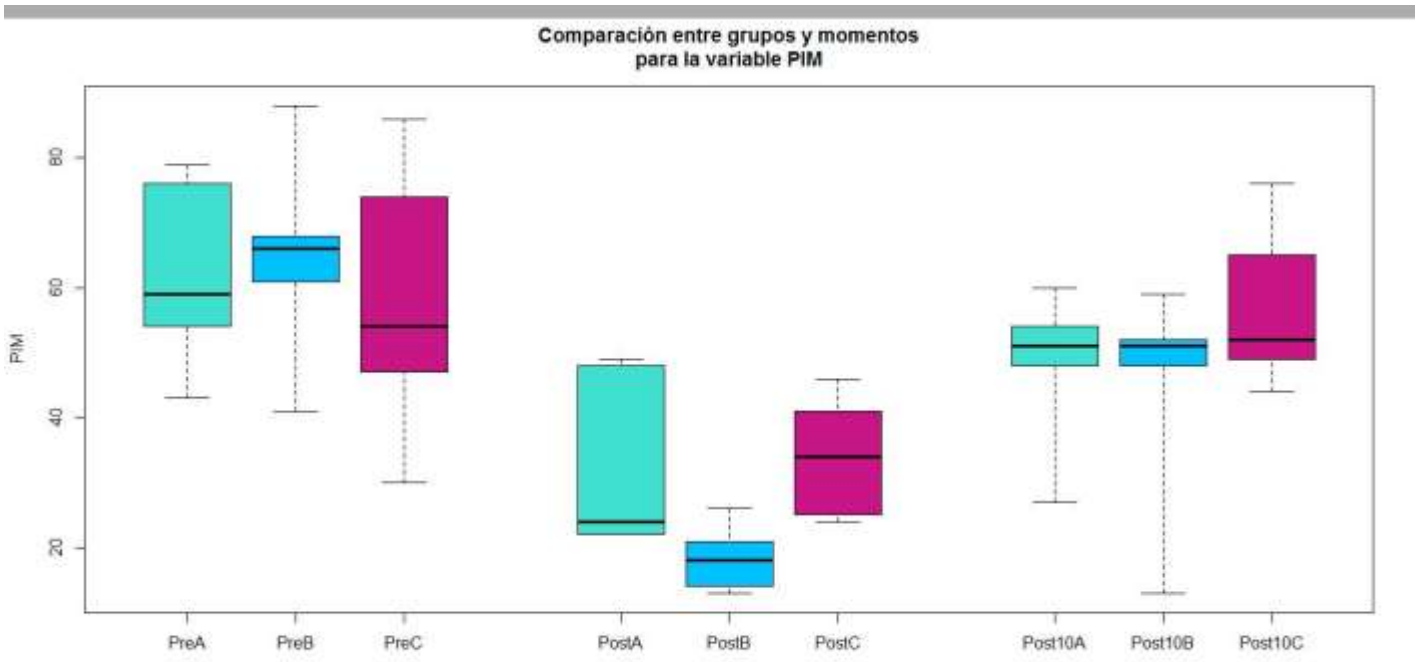
Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del PIM entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) para el grupo A, B y C; posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria de los grupos A - B y cerca de ser significativa la del grupo C; entre la prueba postoperatoria y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo C, y entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía no hubo significancia estadística para ningún grupo. Ver Figura 19 y 20

Figura 19. Comparación de la PIM



PIM: Presión Inspiratoria Máxima; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria Tardío;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 20. Comparación entre grupos y momentos para la variable PIM



PIM: Presión Inspiratoria Máxima; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C.

7.2.2. Capacidad Vital Forzada

Al realizar el análisis intragrupal para el Grupo A la media de la capacidad vita forzada preoperatoria (PreA) fue de 2,67 (± 1) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 1,44(± 0,42)Litros presentado una disminución de 1,23litros, estando muy cerca de ser estadísticamente significativo (p= 0,0556). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 2,51 (± 0,65), incrementando 1,07 Litros después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, siendo estadísticamente significativo (p= 0,01587). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de 0.16 Litros, sin haber

significancia estadística (p= 1) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10A hubo significancia estadística (p= 0,03579).

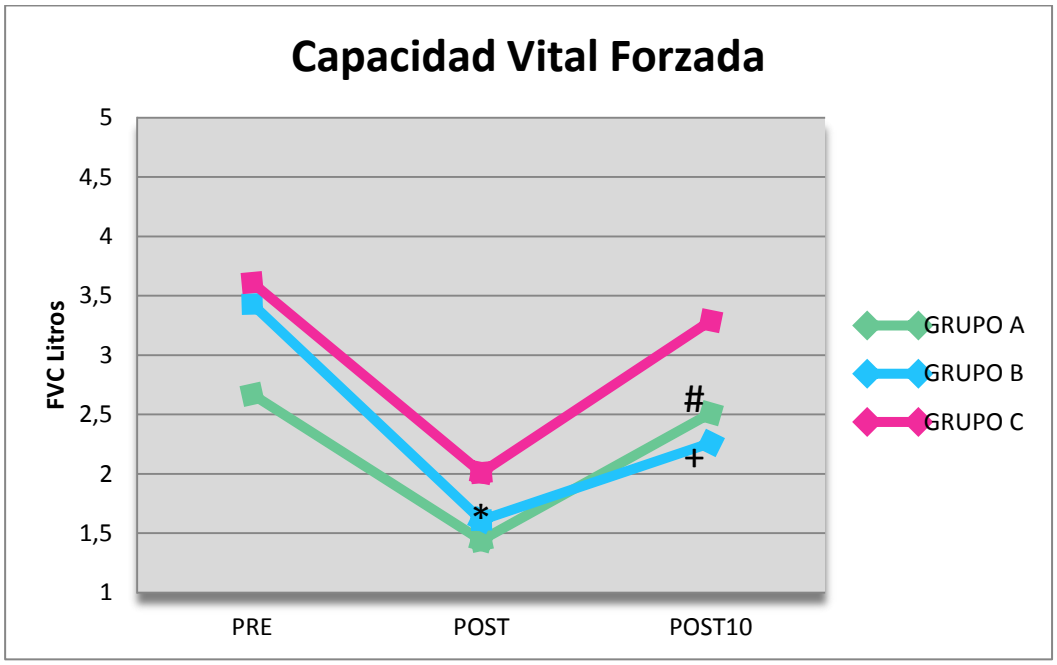
Para el Grupo B la media de la capacidad vital forzada (PreB) fue de 3,43 (± 1,11) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 1,61(± 0,49)Litros, presentado una disminución de 1,82 Litros, siendo estadísticamente significativo (p= 0,007937). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 2,26 (± 0,31) Litros, incrementando 0,65 Litros después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, casi siendo estadísticamente significativo (p= 0,55556). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 0.1Litros, hubo significancia estadística (p= 0,03175). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B no hubo significancia estadística (p= 0,006282).

En el Grupo C la media de la capacidad vital forzada (PreC) fue de 3,61 (± 1,52)Litros, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 2,01(± 0,73)Litros, presentado una disminución de 1,6 Litros, casi estadísticamente significativa (p= 0,05556). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 3,29 (± 0,89) Litros, incrementando 1,69Litros después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold IMT®, estando cerca de ser estadísticamente significativo (p= 0,05556). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 0,32Litros sin haber significancia estadística (p= 1) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C no hubo significancia estadística (p= 0,06654).

Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del FVC entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) para el grupo A; posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria del grupo B y cerca de ser significativa la del grupo A-C; entre la prueba postoperatoria inmediata y

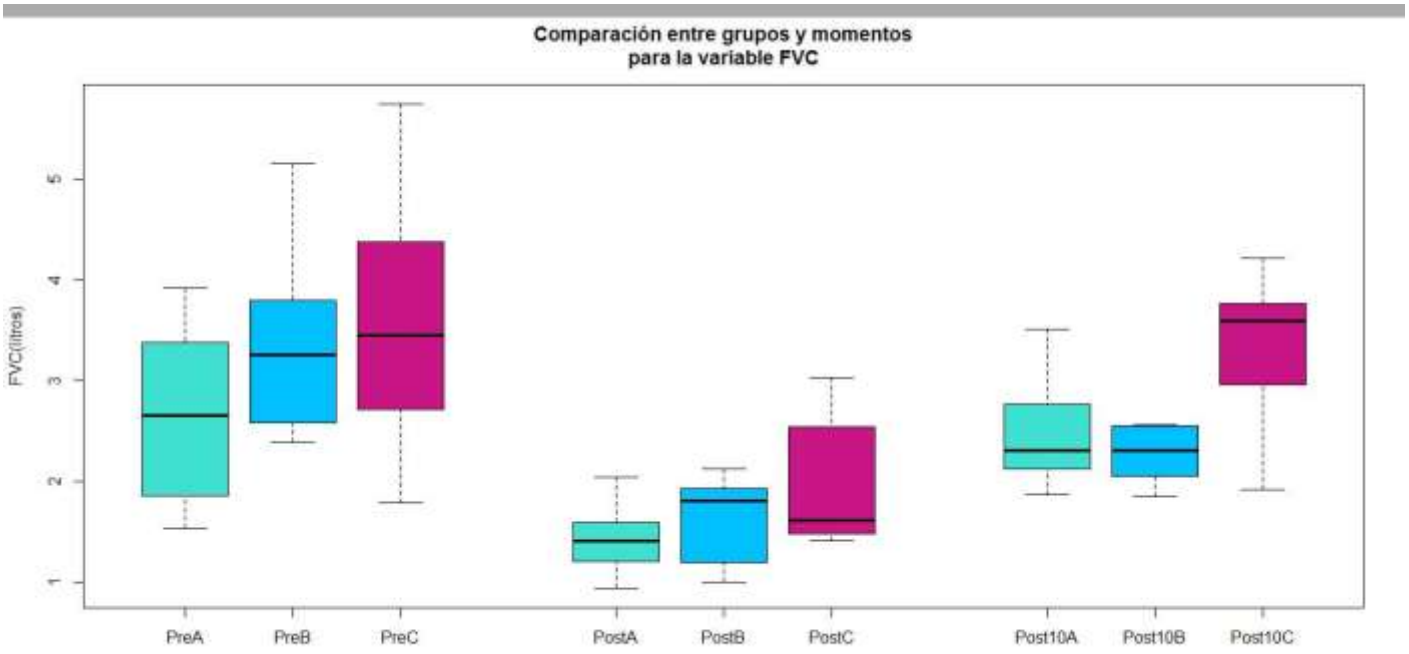
postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo A y cerca de ser significativa la del grupo B-Cy entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo B. Ver Figura 21 y 22

Figura 21. Comparación de la Variable FVC



FVC: Capacidad Vital Forzada; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 22. Comparación entre grupos y momentos para la variable FVC



FVC: Capacidad Vital Forzada; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C; * Estadísticamente significativo

7.2.3. Volumen espiratorio Forzado en el primer segundo

Para la variable Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (FEV1) al realizar el análisis intragrupal se encontró para el Grupo A una media preoperatoria (PreA) de 2,10 (± 0,77) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 1,17 (± 0,24) Litros presentado una disminución de 0,93 litros, estando muy cerca de ser estadísticamente significativa (p= 0,0556). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 2,01 (± 0,54), incrementando 0,84 Litros, después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, siendo estadísticamente significativo (p= 0,01587). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de 0.09 Litros sin haber significancia estadística (p= 0,8413) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10A hubo significancia estadística (p= 0,03652).

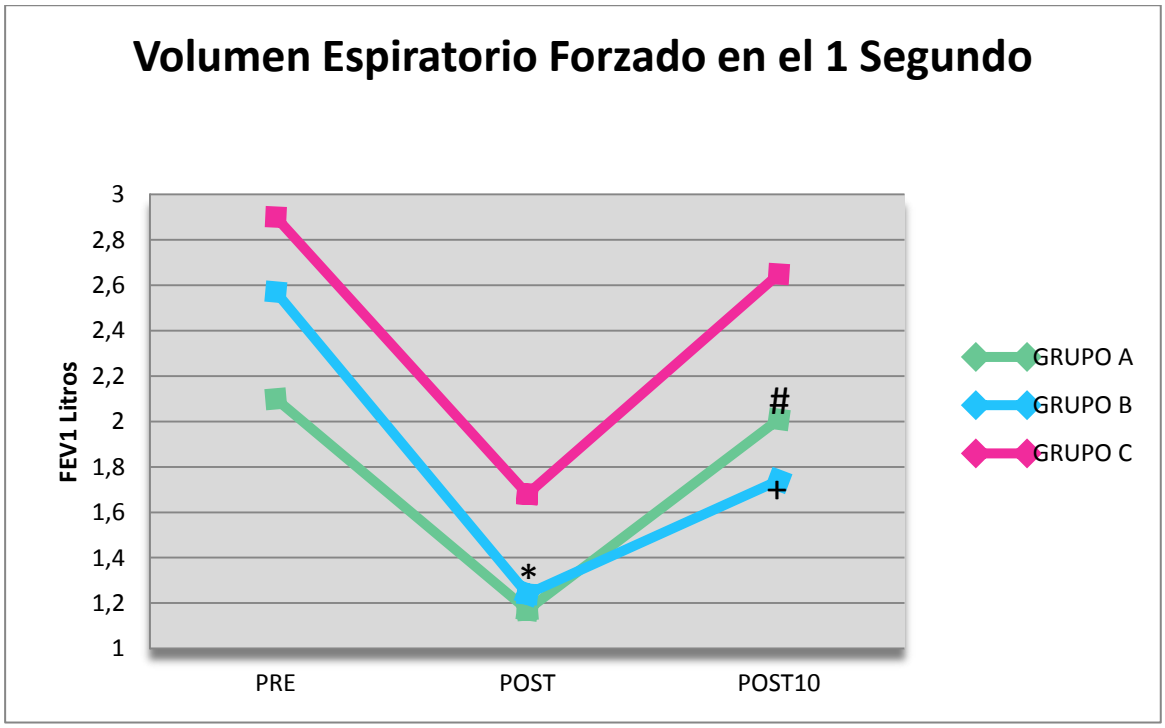
Para el Grupo B la media FEV1 preoperatorio (PreB) fue de 2,57 (± 0,64) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 1,24(±0,38)Litros, presentado una disminución de 1,33 Litros, siendo estadísticamente significativa (p= 0,007937). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 1,74 (± 0,40) Litros, incrementando 0,5 Litros después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, no fue estadísticamente significativo (p= 0,09524). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 0,83Litroshubo significancia estadística (p= 0,0278) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B hubo significancia estadística (p= 0,006695).

En el Grupo C la media del FEV1 preoperatorio (PreC) fue de 2,90 (± 1,09) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 1,68(±0,66)Litros, presentado una disminución de 1,22 Litros, casi estadísticamente significativa (p= 0,05556). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 2,65 (± 0,73) Litros, incrementando 0,97 Litros después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold IMT®,

estando cerca de ser estadísticamente significativo (p= 0,05556). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 0.25Litros sin haber significancia estadística (p= 0,8413) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C no hubo significancia estadística (p= 0,06522).

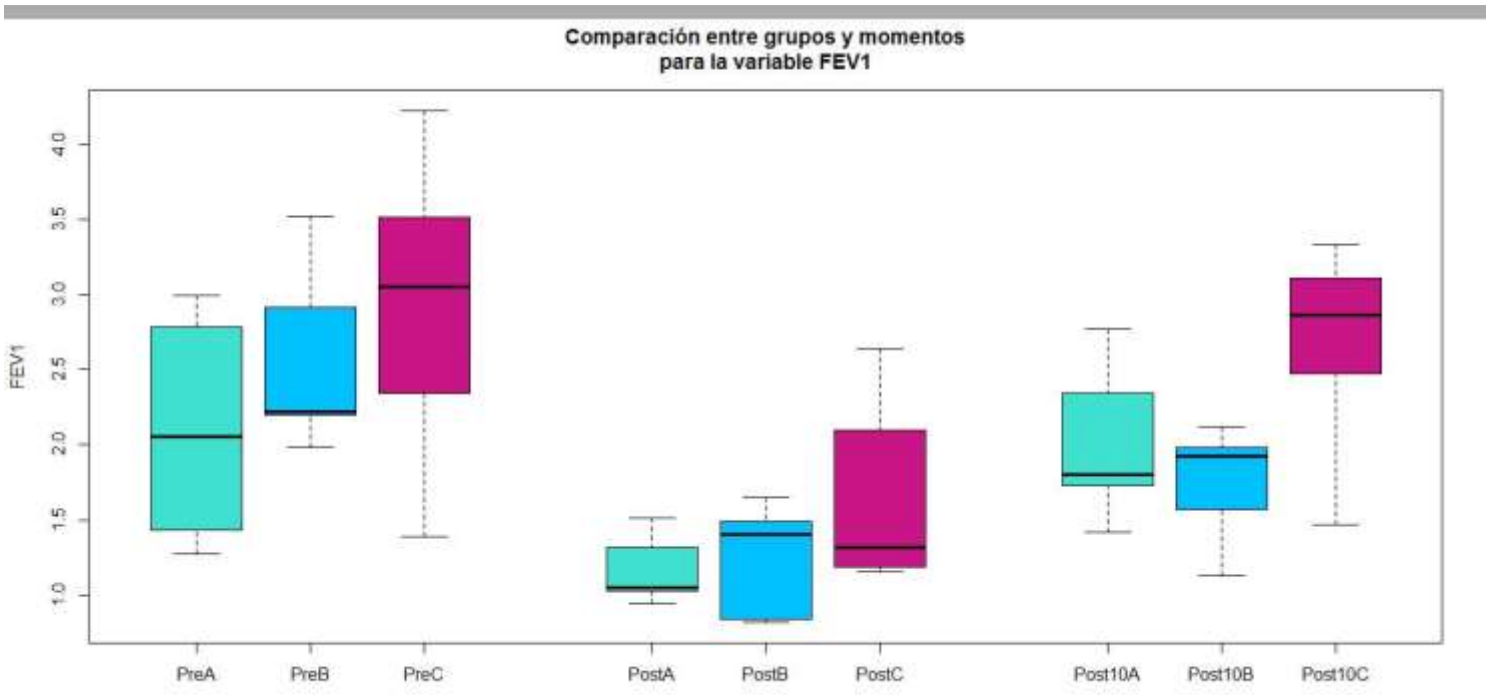
Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del FEV1 entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) para el grupo A y B; posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria del grupo B y cerca de ser significativa la del grupo A-C; entre la prueba postoperatoria inmediata y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo A, cerca de ser significativa la del grupo C y no hubo significancia estadística en el grupo B, y entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo B. Ver Figura 23 y 24.

Figura 23. Comparación FEV1



FIVC: Capacidad Vital Inspiratoria Forzada; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 24. Comparación entre grupos y momentos para la variable FEV 1



FEV1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C; * Estadísticamente significativo

7.2.4. Flujo Espiratorio Pico

Para la variable Flujo Espiratorio Pico (PEF) al realizar el análisis intragrupal se encontró para el Grupo A una media preoperatoria (PreA) de 5,02 (± 2,07)litros s^{-1}, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 2,58(± 0,84)litros s^{-1} presentado una disminución de 2,44litros s^{-1}., estando muy cerca de ser estadísticamente significativa (p= 0,0556). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 5,12 (±

1,39)litross^{-1}, incrementando 2,54litros s^{-1}, después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, siendo estadísticamente significativo (p= 0,03175). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de 0.01litros s^{-1} sin haber significancia estadística (p= 0,8413) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10A hubo significancia estadística (p= 0,04929).

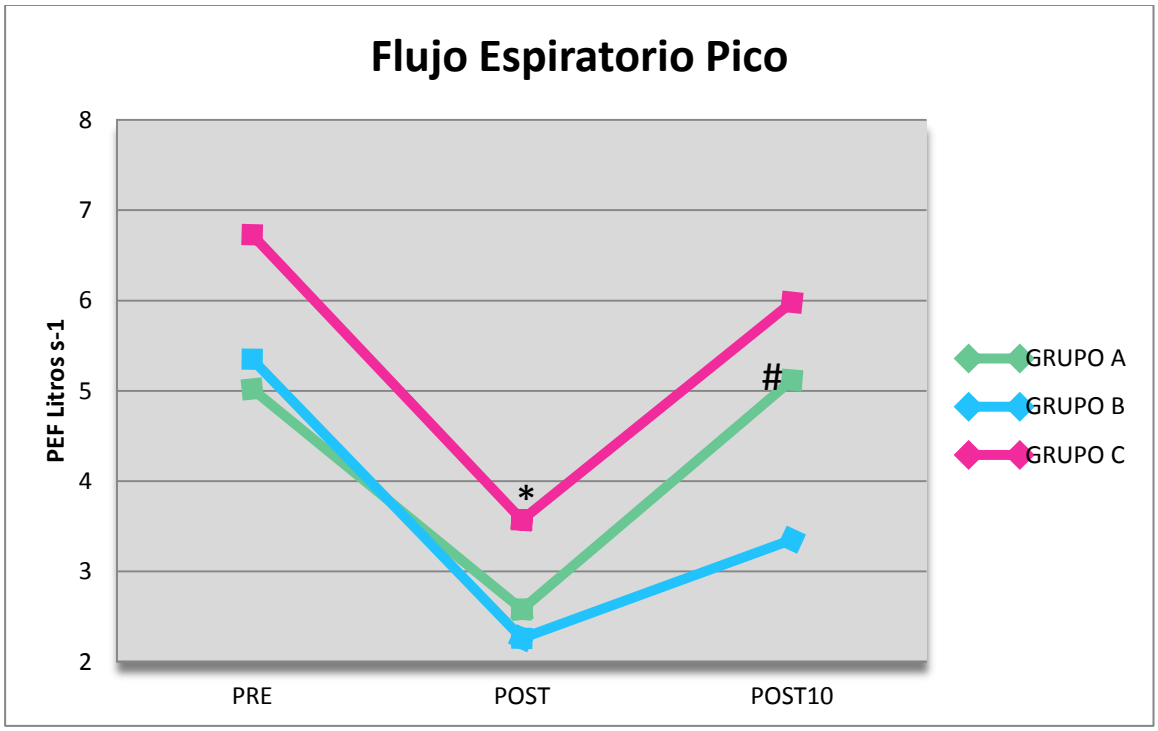
Para el Grupo B la media PEF preoperatorio (PreB) fue de 5,35 (± 2,29)litross^{-1}, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 2,26($\pm$ 0,71)litros s^{-1} , presentado una disminución de 3,09litros s^{-1}, casi siendo estadísticamente significativa (p= 0,05556). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 3,35 (± 1,37)litros s^{-1} , incrementando 1,09litros s^{-1} después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, no fue estadísticamente significativo (p= 0,3095). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 2litros s^{-1} sin haber significancia estadística (p= 0,3095) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B no hubo significancia estadística (p= 0,1054).

En el Grupo C la media del PEF preoperatorio (PreC) fue de 6,73 (± 2,24)litross^{-1}, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 3,57($\pm$ 1,99)Litros, presentado una disminución de 3,16litros s^{-1} siendo estadísticamente significativa (p= 0,03175). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 5,98 (± 2,05)litross^{-1}, incrementando 2,41litros s^{-1} después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold IMT®, estando cerca de ser estadísticamente significativo (p= 0,05556). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 0,75litros s^{-1} sin haber significancia estadística (p= 0,5476). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C hubo significancia estadística (p= 0,04243).

Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del PEF entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los

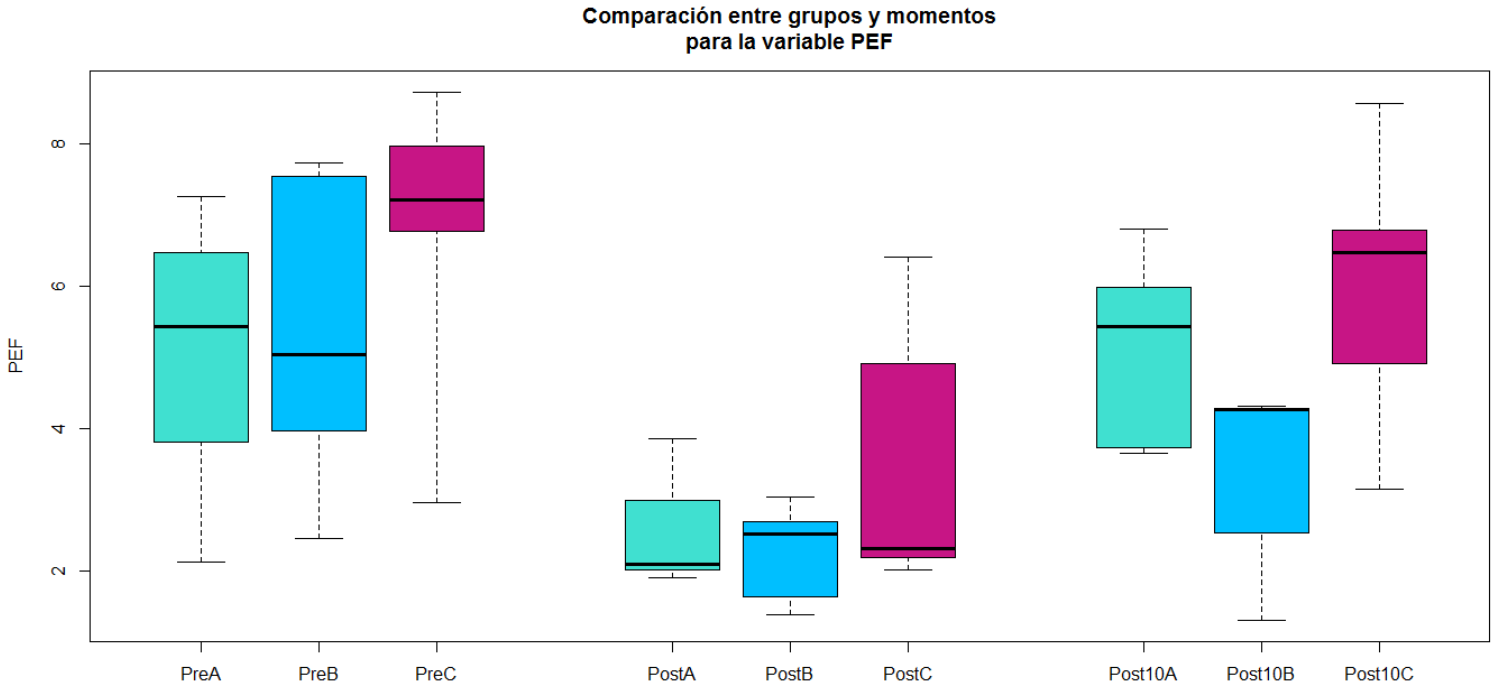
grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) para el grupo A y C; posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria del grupo C y cerca de ser significativa la del grupo A-B; entre la prueba postoperatoria inmediata y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo A, cerca de ser significativa la del grupo C y no hubo significancia estadística en el grupo B y entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía no hubo significancia estadística para ningún grupo. Ver Figura 25 y 26.

Figura 25: Comparación variable PEF



PEF: Flujo Espiratorio Pico; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 26. Comparación entre grupos y momentos para la variable PEF



PEF: Flujo Espiratorio Pico; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C; * Estadísticamente significativo

7.2.5. Relación Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo/ Capacidad Vital Forzada

Para la variable que muestra la relación entre VEF1/FVC al realizar el análisis intragrupal se encontró para el Grupo A una media preoperatoria (PreA) de 79,22 (± 3,25)%, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 83,46(± 10,60)% presentado un aumento de 4,24 no siendo estadísticamente significativa (p= 0,7533). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 79,90 (± 4,74) %, incrementando 3,56 puntos, después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, no siendo estadísticamente

significativo (p= 1). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de -0,68 puntos sin haber significancia estadística (p= 1) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10A no hubo significancia estadística (p= 0,9393).

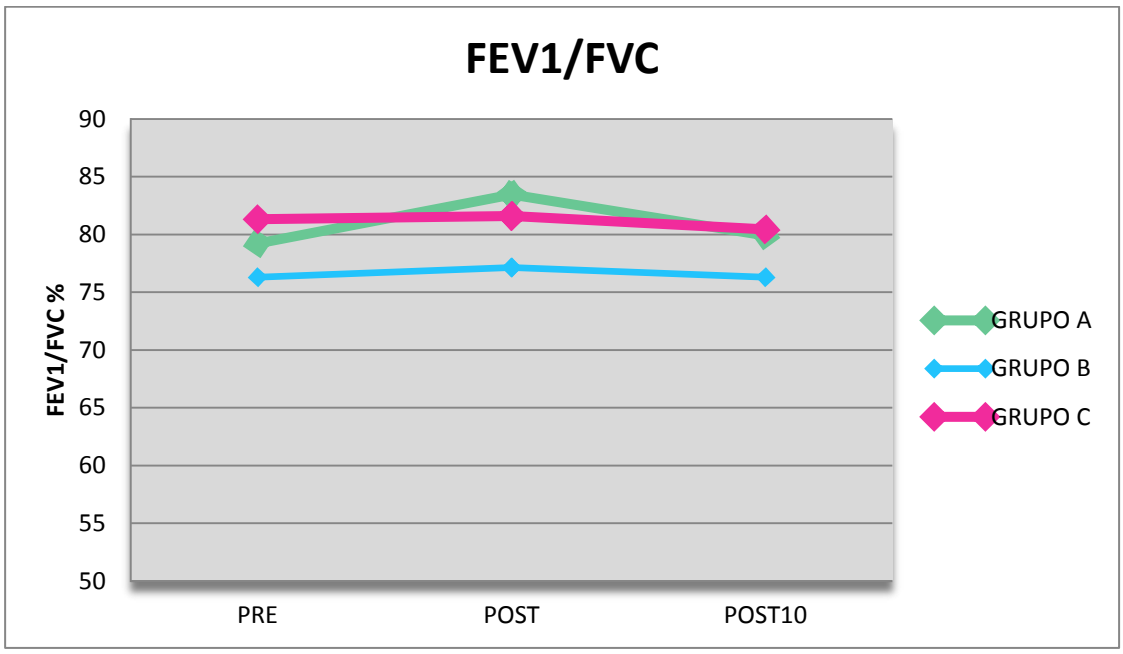
Para el Grupo B la media VEF1/CVF preoperatorio (PreB) fue de 76,30 (± 7,93)%, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 77,14(± 5,38)%, presentado un aumento de 0,84 puntos, no siendo estadísticamente significativo (p= 0,6742). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 76,32 (± 9,09)%, disminuyendo en0,82 puntos después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, no fue estadísticamente significativo (p= 0,834). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 0,02 puntos sin haber significancia estadística (p= 1). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B no hubo significancia estadística (p= 0,877).

En el Grupo C la media del VEF1/CVF preoperatorio (PreC) fue de 81,32 (± 1,09)%, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 81,59(± 0,66)%, presentado un aumento de 0,27puntos, no siendo estadísticamente significativo (p= 0,8413). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 80,44 (± 0,73)%, disminuyendo en 1,15puntos después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold IMT®, sin ser estadísticamente significativo (p= 0,8413). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 0.88 puntos sin haber significancia estadística (p= 0,8413). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C no hubo significancia estadística (p= 0,9139).

Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del VEF1/CVF entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo diferencias que no son estadísticamente significativas (p<0,05) para el grupo A, B y C; posteriormente se aplicó

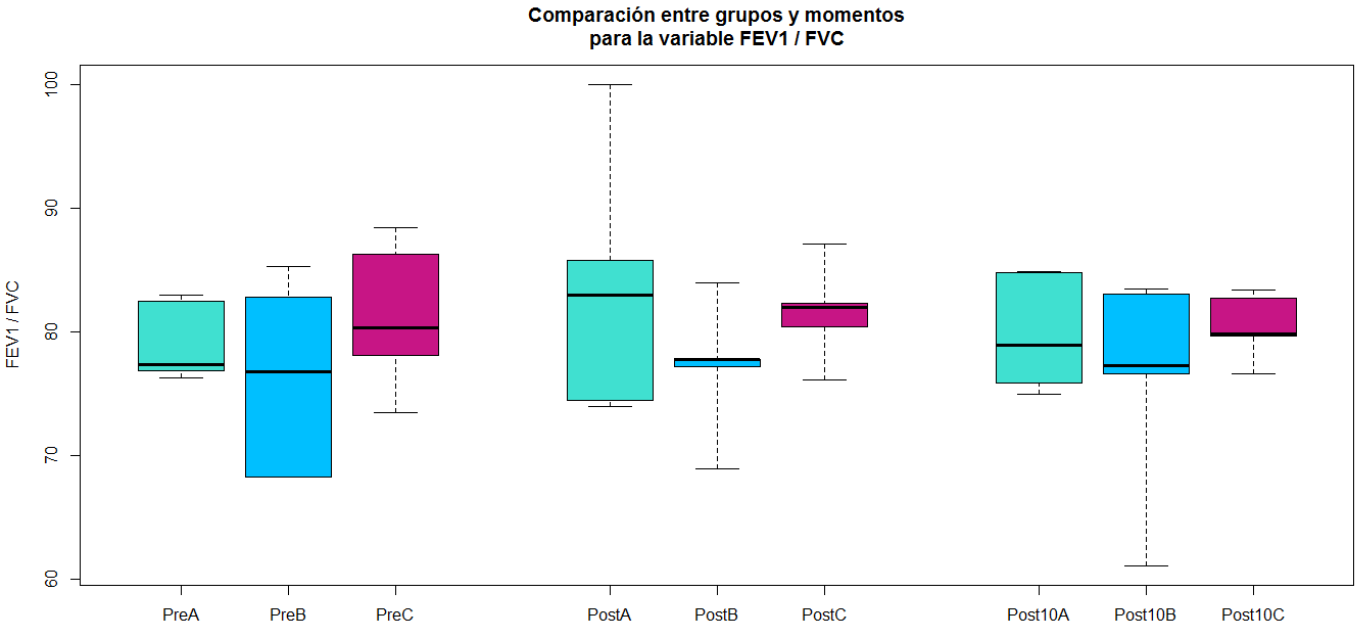
la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria del grupo A, B y C, ni entre la prueba postoperatoria inmediata y postoperatoria grupo A, B y C, y entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía tampoco hubo significancia estadística para ningún grupo. Ver Figura 27 y 28

Figura 27. Comportamiento variable FEV 1/FVC



FVC/FEV1: Relación Capacidad Vital Forzada – Volumen Espiratorio Forzado en el 1 segundo; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 28. Comparación entre grupos y momentos para la variable VEF1/CVF.



FEV1/FVC: Relación Volumen Espiratorio Forzado / Capacidad Vital Forzada ; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C; * Estadísticamente significativo

7.2.6. Capacidad Vital Inspiratoria Forzada

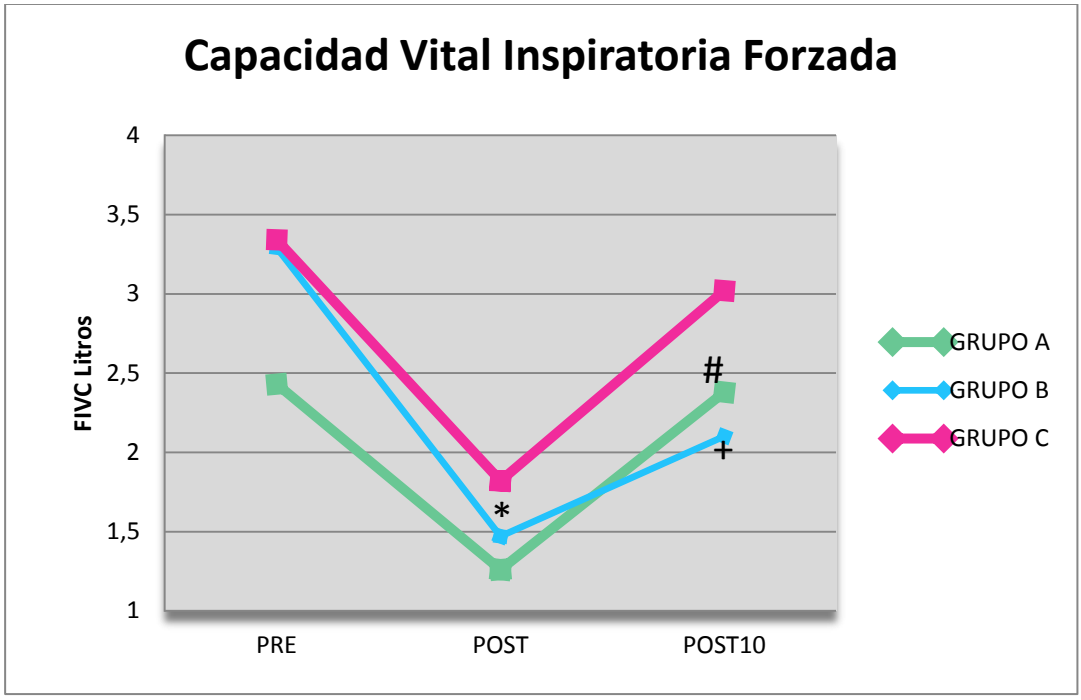
Para la variable Capacidad Vital Forzada Inspiratoria o volumen máximo de aire inspirado (FIVC) en el análisis intragrupal se encontró para el Grupo A una media preoperatoria (PreA) de 2,43 (± 0,81) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 1,26(± 0,47)Litros presentado una disminución de 1,17 litros, estando muy cerca de ser estadísticamente significativa (p= 0,0556). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 2,38 (± 0,59), incrementando 1,12 Litros, después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, siendo estadísticamente significativo (p= 0,01587). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de 0.05Litros sin haber significancia estadística (p= 1). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10A hubo significancia estadística (p= 0,03579).

Para el Grupo B la media FIVC preoperatorio (PreB) fue de 3,29 (± 1,21) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 1,47(± 0,47)Litros, presentado una disminución de 1,82 Litros, siendo estadísticamente significativa (p= 0,007937). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 2,10 (± 0,45) Litros, incrementando 0,63 Litros después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, no fue estadísticamente significativo (p= 0,09524). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 1,19Litrosdonde hubo significancia estadística (p= 0,03175). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B hubo significancia estadística (p= 0,007673).

En el Grupo C la media del FIVC preoperatorio (PreC) fue de 3,34 (± 1,30) Litros, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 1,82(± 0,61)Litros, presentado una disminución de 1,52 Litros, no siendo estadísticamente significativo (p= 0,09524). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 3,02 (± 0,87) Litros, incrementando 1,2 Litros después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de músculos inspiratorios Threshold IMT®, estando cerca de ser estadísticamente significativo (p= 0,05556). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 0,32Litros sin haber significancia estadística (p= 0,9166). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C no hubo significancia estadística (p= 0,08744).

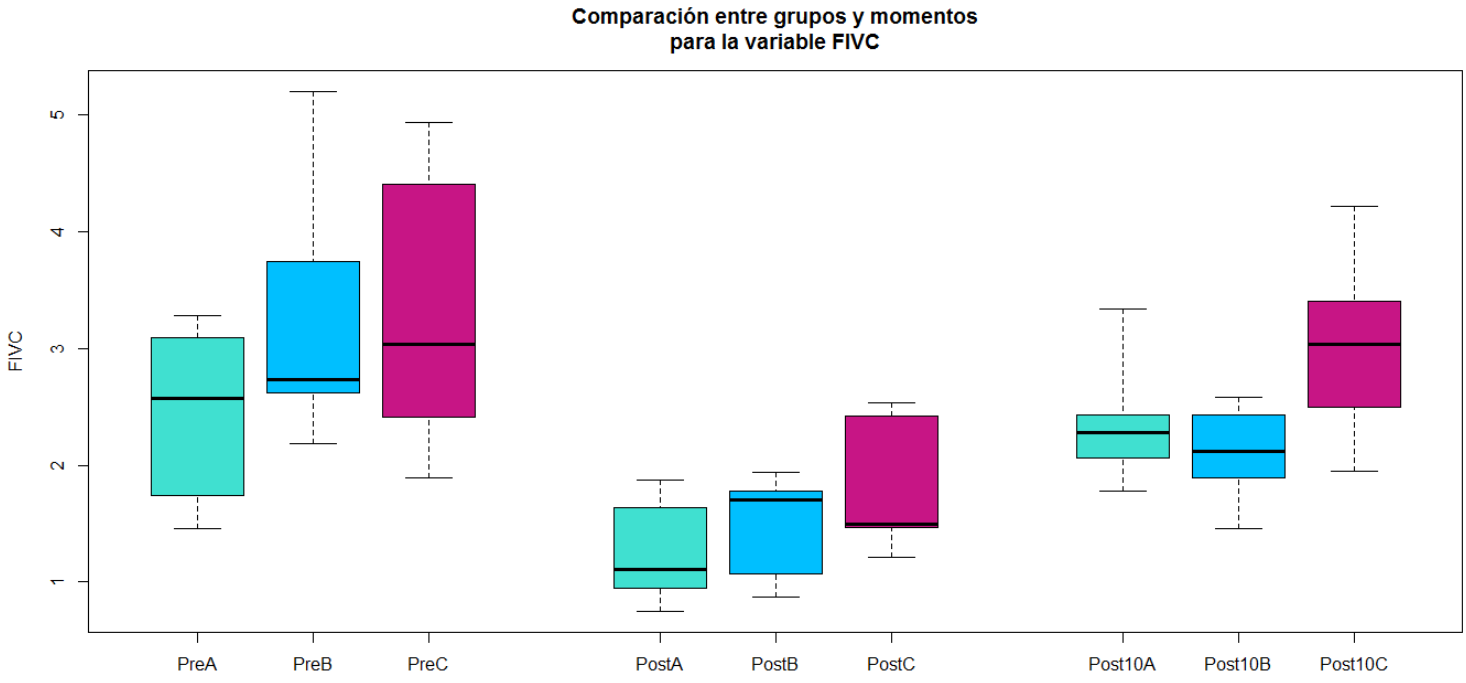
Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del FIVC entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) para el grupo A - B, y no ser estadísticamente significativo en el grupo C; posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria del grupo B y cerca de ser significativa la del grupo A y no significativa estadísticamente para el grupo C; entre la prueba postoperatoria inmediata y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo A, cerca de ser significativa la del grupo C y no hubo significancia estadística en el grupo B, y entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo B. Ver Figura 29 y 30.

Figura 29. Comparación Capacidad Vital Inspiratoria Forzada



FIVC: Capacidad Vital Inspiratoria Forzada; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 30. Comparación entre grupos y momentos para la variable FIVC



FIVC: Capacidad Vital Inspiratoria Forzada; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C; * Estadísticamente significativo

7.2.7. Flujo Inspiratorio Pico

Para la variable Flujo Inspiratorio Pico (PIF) al realizar el análisis intragrupal se encontró para el Grupo A una media preoperatoria (PreA) de 2,74 (± 1,02)litros s^{-1}, en el postoperatorio inmediato (PostA) fue de 1,52 (± 0,65)litros s^{-1} presentando una disminución de 1,22 litros s^{-1}.,no siendo estadísticamente significativo (p= 0,1161). Para el postoperatorio tardío (Post10A) la media fue de 2,60 (± 0,30) litross^{-1}, incrementando 1,08 litros s^{-1}, después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB®, siendo estadísticamente significativo (p= 0,03175). La comparación de la variable entre la medición PreA vs Pos10A es de 0.14litros s^{-1} sin haber significancia estadística (p= 0,3095) Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreA, PostA y Post10A no hubo significancia estadística (p= 0,06377).

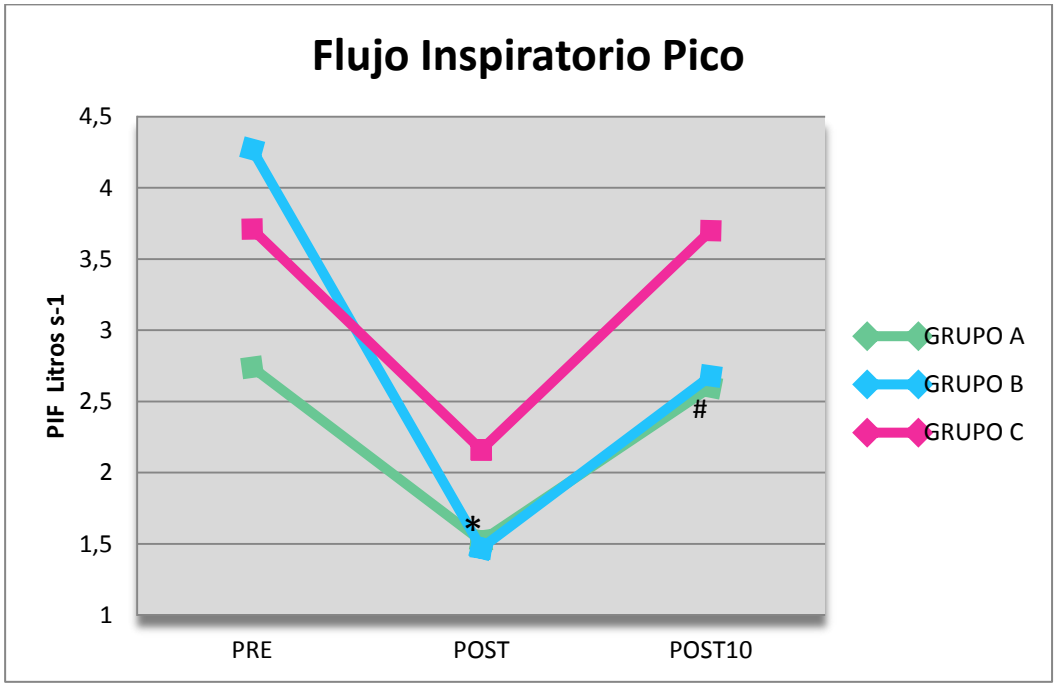
Para el Grupo B la media PIF preoperatorio (PreB) fue de 4,27 (± 1,65)litross^{-1}, en el postoperatorio inmediato (PostB) fue de 1,47(± 0,69)litros s^{-1} , presentando una disminución de 2,8litros s^{-1}, siendo estadísticamente significativo (p= 0,007937). Para el postoperatorio tardío (Post10B) la media fue de 2,68 (± 1,28)litross^{-1}, incrementando 1,21litros s^{-1} después de utilizar el dispositivo Incentivo Respiratorio Spiroball®, no fue estadísticamente significativo (p= 0,2222). La comparación de la variable entre la medición PreB vs Pos10B es de 1,59litros s^{-1} sin haber significancia estadística (p= 0,1508). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreB, PostB y Post10B hubo significancia estadística (p= 0,02215).

En el Grupo C la media del PIF preoperatorio (PreC) fue de 3,71 (± 0,89)litross^{-1}, en el postoperatorio inmediato (PostC) fue de 2,16(±0,75)Litros, presentado una disminución de 1,55litros s^{-1} siendo casi estadísticamente significativa (p= 0,05556). Para el postoperatorio tardío (Post10C) la media fue de 3,70 (± 1,42)litros s^{-1} , incrementando1,54litros s^{-1} después de utilizar el dispositivo para entrenamiento de

músculos inspiratorios Threshold IMT®, no fue estadísticamente significativo (p= 0,1508). La comparación de la variable entre la medición PreC vs Pos10C es de 0.01litros s^{-1} sin haber significancia estadística (p= 0,8413). Respecto a la comparación entre los tres tiempos de medición PreC, PostC y Post10C no hubo significancia estadística (p= 0,1075).

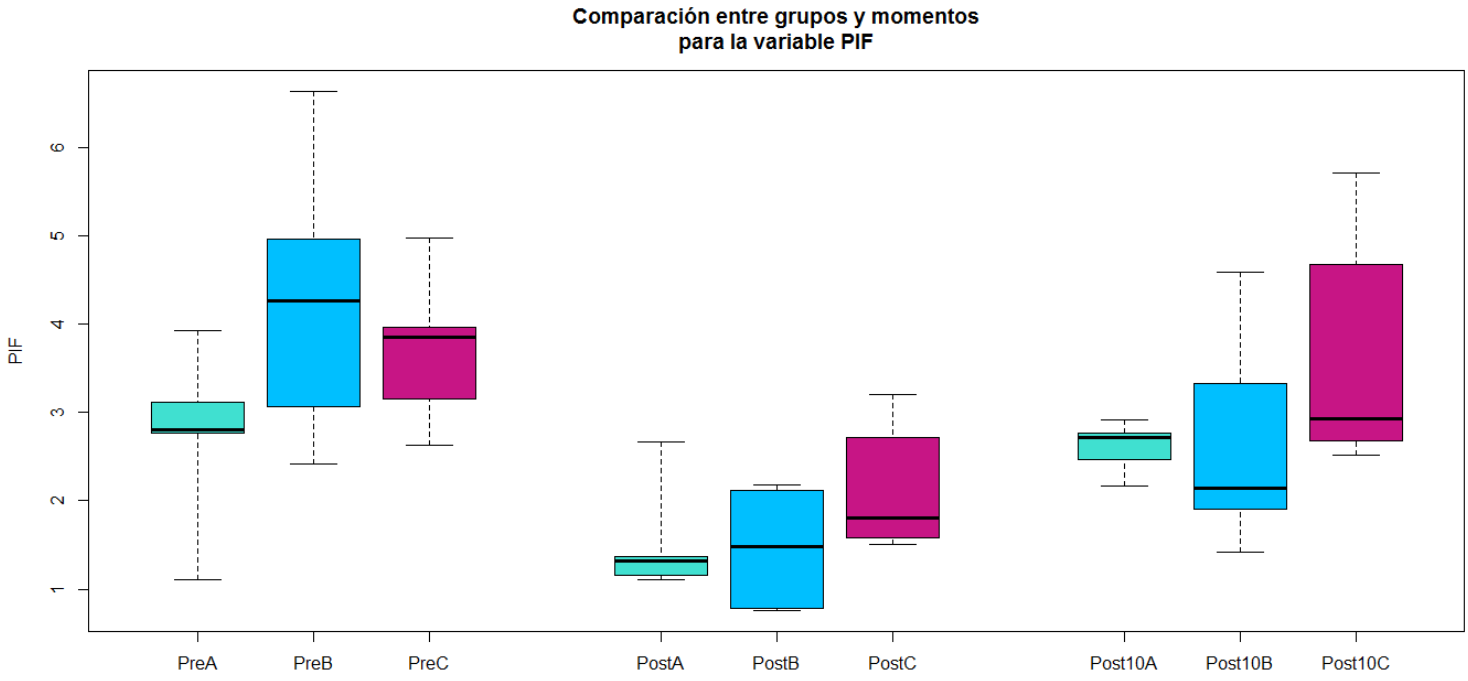
Al realizar el análisis intergrupal, se analizaron los cambios del PIF entre el preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío de cada uno de los grupos mediante la prueba de Kruskall Wallis, obteniendo una diferencia estadísticamente significativa (p<0,05) para el grupo C; posteriormente se aplicó la prueba no paramétrica para muestras independientes de Mann – Withney encontrando diferencias estadísticamente significativas entre la prueba preoperatoria y postoperatoria del grupo B y cerca de ser significativa la del grupo C y no significativa estadísticamente la del grupo A; entre la prueba postoperatoria inmediata y postoperatoria tardía hubo significancia estadística para el grupo A y no hubo significancia estadística en el grupo B y C, y entre la prueba preoperatoria y postoperatoria tardía no hubo significancia estadística para ningún grupo. Ver Figura 31 y 32.

Figura 31. Comparativo variable Flujo Inspiratorio Máximo



PIF: Flujo Inspiratorio Pico; Pre: Medición Preoperatoria; Post: Medición Postoperatoria; Post10: Medición Postoperatoria;* : P< 0.05 Pre vs Post; +: P< 0.05 Pre vs Post10; #: P< 0.05 Post vs Post 10 Estadísticamente significativo.

Figura 32. Comparación entre grupos y momentos para la variable PIF



PIF: Flujo Inspiratorio Pico; PreA: Medición Preoperatoria del Grupo A; PreB: Medición Preoperatoria del Grupo B; PreC: Medición Preoperatoria del Grupo C; PostA: Medición Postoperatoria del Grupo A; PostB: Medición Postoperatoria del Grupo B; PostC: Medición Postoperatoria del Grupo C; Post10A: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo A; Post10B: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo B; Post10C: Medición Postoperatoria Tardía del Grupo C; * Estadísticamente significativo

7.3. Complicaciones Pulmonares Postoperatorias

Teniendo en cuenta la revisión literaria frente a los factores de riesgo que pueden desencadenar complicaciones pulmonares postoperatorias, se tomó como referencia algunos de los factores de riesgo descritos por Taylor 2015 identificándolos en los pacientes del estudio (Ver Tabla 12)encontrando que existían factores de riesgo como: Falla Cardiaca Congestiva (Grupo A:1), dependencia funcional (Grupo B: 1), Bajo peso (Grupo B:1, Grupo C:1), Tabaquismo (Grupo B:1, Grupo C:1), Extabaquismo (Grupo A:2,

Grupo C: 1), Transfusión Perioperatoria (Grupo A:1, Grupo B: 1), Sobrepeso (Grupo A: 3, Grupo C: 1) Apnea Obstructiva del sueño (Grupo C: 1).

Tabla 12. Factores de Riesgo para Complicaciones Pulmonares Postoperatorias encontrados en los diferentes grupos de estudio.

Factor de Riesgo	**Grupo A**	**Grupo B**	**Grupo C**
Falla Cardiaca Congestiva	1	0	0
Dependencia Funcional	0	1	0
EPOC	0	0	0
Bajo Peso	0	1	1
Tabaquismo	0	1	1
Extabaquismo	2	0	1
Consumo de Alcohol	0	0	0
Transfusión perioperatoria	1	1	0
Obesidad /Sobrepeso	3	0	1
Apnea Obstructiva del Sueño	0	0	1
Reducción de la Sat02 Preoperatoria	0	0	0

Algunas de las complicaciones pulmonares postoperatoria descritas en la literatura son broncoespasmo, atelectasias, neumonía, insuficiencia respiratoria, edema pulmonar, empiema, fístula bronco pleural, torsión lobar, espacio pleural persistente, exacerbación de EPOC, neumotórax, falla ventilatoria con reintubación >48 horas.(Thanavaro & Forner, 2013) Al hacer revisión de las historias clínicas de los pacientes del estudio Se encontró que el 93,3% (n= 14 pacientes) no presentaron complicaciones pulmonares postoperatorias y el 6,66% (n= 1 paciente) presentó complicaciones pulmonares postoperatorias con Neumonía Nosocomial como diagnóstico sin estar directamente relacionada con el procedimiento, este paciente se ubicó en el Grupo C.

Estos resultados nos evidencian que el programa de fisioterapia instaurado en cada uno de los tres grupos con cada uno de los dispositivos evaluados, son eficaces en la prevención de complicaciones pulmonares postoperatorias.

8. Discusión

Este estudio buscó evaluar si el dispositivo incentivo RSB® que es el dispositivo registrado y producido en Colombia con aprobación del INVIMA presenta resultados de eficacia similares frente a otros dispositivos que se encuentran referenciados en la literatura médica y que cuentan con soporte de estudios clínicos de eficacia en la indicación propuesta para disminuir la presencia de complicaciones pulmonares postoperatorias.

Por lo anterior en este ensayo clínico, se comparó la intervención de paciente con cirugía de tórax de un protocolo de fisioterapia respiratoria postoperatoria con tres dispositivos (Incentivo Respiratorio RSB®, Incentivo Respiratorio Spiroball®, Entrenador de Músculos Respiratorio Threshold IMT®) en el Hospital Universitario San Ignacio, sin tener un grupo control no expuesto, ya que no es ético no brindar a los pacientes esta intervención que ha demostrado en estudios clínicos la incidencia en la disminución de las complicaciones pulmonares postoperatorias.

En la presente investigación se evaluó comparativamente el uso de tres dispositivos respiratorios sobre el comportamiento de las variables de manovacuometría y espirometría en la fisioterapia postoperatoria en el transcurso de 10 días, con el fin de evaluar variables de eficacia comparativa de estas intervenciones. A continuación se realiza una discusión de los hallazgos obtenidos en este estudio y de estudios previos.

8.1. Manovacuometría – Presión Inspiratoria Máxima

Nuestros resultados muestran una disminución estadísticamente significativa /$p<0.05$) entre el momento de evaluación preoperatoria frente al postoperatorio inmediato para los grupos A y B, y el grupo C presento una $p= 0.05556$ siendo ésta muy cercana a significancia estadística. Estos datos eran esperables puesto que las cirugías de tórax son procedimientos que a causa del abordaje quirúrgico (incisión cerca al diafragma) producen dolor, deprimiendo significativamente los movimientos inspiratorios y

espiratorios de la respiración, afectando la función pulmonar por disminución en la contracción del diafragma; resultados que están en concordancia y que explican de manera similar los autores Kimbal et al., Barros y Matheus que a su vez produce reducción en las fuerzas de distención dentro del pulmón, trabajo realizado a través de la contracción de los músculos inspiratorios como el diafragma e intercostales externos(Manzano et al., 2008)(Boley et al., 2012).

Esta disminución de la fuerza que afecta la mecánica ventilatoria puede llevar al paciente a presentar complicaciones pulmonares postoperatorias, comprometiendo la vida del paciente, en el apartado 8.3 vamos a analizar las complicaciones que se desarrollaron en este estudio.

Cuando evaluamos comparativamente el momento postoperatorio inmediato vs el momento postoperatorio tardío a los 10 días en contamos que para la PIM los tres grupos presenta una recuperación, siendo esta estadísticamente significativa para el grupo C (P= 0,015), vs el grupo B (P= 0.11) y el grupo C (P= 0.077). Los resultados de un estudio previo publicados por Kulkarni et al. 2010 donde comparan un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios vs Incentivo Respiratorio Spiroball vs Ejercicios Respiratorios en pacientes sometidos a cirugía abdominal mayor mostró resultados similares a este estudio puesto que el grupo que utilizó el dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios hubo diferencias significativas en la presión inspiratoria máxima en el tiempo postoperatorio, resultados que también evidenciamos en este estudio con el uso del dispositivo Threshold, el cual fue el único de los dispositivos que presento diferencias significativas entre la medición postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío, sin embargo en cuanto al comportamiento de la variables los tres dispositivos tuvieron un comportamiento similar ya que evidenciaron una recuperación en las mediciones.

Paiva et. al. 2014, compara un dispositivo de incentivo respiratorio orientado al volumen (Voldyne 5000) vs un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios (Theshold IMT) en mujeres sanas el cual evidenció que hubo cambios significativos sobre las variables de presión respiratoria con el uso del dispositivo Threshold IMT; Barros et. al. 2010 y Matheus et. al. 2012 midieron la fuerza de los músculos respiratorios en el postoperatorio de pacientes con cirugía cardiovascular comparando la fisioterapia convencional vs la fisioterapia más el uso del dispositivo Threshold IMT realizando las mediciones en los tiempos similares a los propuestos en este estudio, el cual mostró que el dispositivo Threshold IMT fue eficaz y estadísticamente significativo a la hora de recuperar los parámetros de presión respiratoria (PIM, PEM); comportamiento que evidenciamos en nuestro estudio en cuanto a la recuperación de la fuerza muscular con el uso del dispositivo Threshold IMT.

8.2. Variables Espirométricas

Los volúmenes y capacidades pulmonares son parámetros que también se ven afectados en el postoperatorio de cirugías de tórax disminuyendo considerablemente la función pulmonar convirtiéndose un factor de riesgo en la aparición de complicaciones pulmonares postoperatorias.

Estos volúmenes y capacidades fueron medidos a través de la prueba de espirometría la cual mostro un comportamiento similar en los tres grupos de estudio entre la medición preoperatoria y el postoperatorio inmediato, siendo estos los resultados esperados a causa de la intervención quirúrgica donde los pacientes presentaron dolor relacionado con el sitio operatorio, percepción de disnea relacionado con la restricción para la expansión pulmonar y por ende presentan cambios en la mecánica y patrón respiratorio, para lo cual en la mayoría de los casos necesitaron un soporte adicional de oxígeno para su compensación.

Con base a la revisión literaria presentada por Agostini y Singh 2009 los cuales describen que la intervención por fisioterapia respiratoria con o sin el uso de algún tipo de dispositivo de incentivo respiratorio parece ser eficaz en la recuperación de volúmenes y capacidades pulmonares después de las cirugías de tórax en comparación con los pacientes que no recibieron ninguna intervención por fisioterapia por lo que podemos decir en base a esto que no es éticamente correcto no ofrecer esta alternativa terapéutica para los pacientes que se someten a este tipo de intervenciones, ahora, si el uso de los dispositivos respiratorios potencializa la intervención terapéutica no significa que la reemplace, por el contrario complementa la intervención, lo cual permite ser medido a través de las pruebas de función pulmonar reportado en otros estudios.

Matheus et.al. 2012, quien realizó un estudio clínico aleatorizado en pacientes sometidos a revascularización miocárdica comparó variables espirométricas y de presión en el tiempo preoperatorio, postoperatorio inmediato y postoperatorio tardío comparando la fisioterapia convencional vs la fisioterapia con el uso de un dispositivo para entrenamiento de músculos respiratorios Threshold IMT obteniendo resultados estadísticamente significativos para todas las variables de los pacientes que utilizaron el dispositivo respiratorio. Barros et. al. 2010 comprobó que el entrenamiento de músculos respiratorios con el dispositivo Threshold IMT junto a la fisioterapia convencional vs solo fisioterapia convencional mejoraba la fuerza, ventilación y capacidad pulmonar en el postoperatorio de pacientes con revascularización miocárdica al obtener resultados significativos para los parámetros de presión PIM y PEM, y los parámetros espirométricos Volumen Corriente y Pico Espiratorio Flujo; Weiner et. al. 1997 compararon el uso del entrenamiento de músculos respiratorios más el uso del incentivo respiratorio en el preoperatorio y postoperatorio de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica candidatos a lobectomía pulmonar o neumonectomía, donde basados en el parámetro espirométrico VEF 1 concluyeron que la función pulmonar puede incrementarse significativamente cuando se utilizan los dispositivo respiratorios; estos comportamientos también fueron evidenciamos en este estudio, ya que en los tres grupos hubo una recuperación al utilizar los tres dispositivos respiratorios (Incentivo Respiratorio RSB®, Incentivo Respiratorio Spiroball®, Entrenador de Músculos Respiratorio Threshold IMT®) en la fisioterapia respiratoria postoperatoria, sin embargo,

en este caso, el dispositivo Incentivo Respiratorio RSB® utilizado por el grupo A presentó una diferencia significativa para las variables FVC, el FEV1, PEF, CVIF y PIF demostrando que este dispositivo colombiano que no tiene estudios clínicos previos al ser comparado con otros dispositivos con evidencia clínica puede tener iguales o mejores resultados.

8.3. Complicaciones Pulmonares Postoperatorias

Los pacientes sometidos a cirugía de tórax pueden desarrollar complicaciones pulmonares postoperatorias significativas relacionadas con la reducción de la expansión y capacidad pulmonar; clínicamente estos pacientes la disnea y el dolor son los síntomas dominantes, especialmente durante un mínimo esfuerzo, lo que hace que tengan mayor requerimiento de un soporte adicional de oxígeno asociado al riesgo de prolongar la estadía en el hospital posterior a la cirugía. Para este estudio se revisaron las historias clínicas con el fin de buscar información registrada que reportara complicaciones pulmonares postoperatorias en los pacientes del estudio, sin embargo, los datos demuestran que solo un paciente presentó complicaciones pulmonares en un caso de neumonía nosocomial no relacionado con el procedimiento quirúrgico.

Westwood et. al. 2007 realizó un estudio no aleatorizado con 263 pacientes con cirugía abdominal y torácica, los cuales fueron intervenidos en el postoperatorio por fisioterapia respiratoria a los cuales se les dividió en dos grupos, el primero recibió solo fisioterapia respiratoria convencional y el segundo recibió fisioterapia convencional más el uso de un incentivo respiratorio, el estudio fue medido sobre la presentación de complicaciones pulmonares postoperatorias el cual evidenció que los pacientes que utilizaron el incentivo respiratorio solo el 6% presentaron complicaciones pulmonares postoperatorias siendo significativamente estadístico (p= 0.01) además de tener una estancia hospitalaria más corta con un promedio de 3,1 (p= 0,03); estos datos corroboran la importancia del uso de un dispositivo respiratorio como parte de la fisioterapia respiratoria postoperatoria como parte de la prevención de las complicaciones pulmonares postoperatorias.

En oposición a esta conclusión en la revisión literaria se encontraron dos publicaciones realizadas por do Nascimento Junior P et.al 2014 y Celso R. F. Carvalho et. al. 2011 donde a través de revisiones sistemáticas se evaluó la evidencia del uso de la fisioterapia respiratoria con espirometría incentivada vs la fisioterapia respiratoria convencional en la prevención de complicaciones pulmonares postoperatorias y la recuperación de la función pulmonar encontrando que existe evidencia de baja calidad en cuanto a la falta de eficacia de la espirometría de incentivo para la prevención de la pulmonar postoperatoria, resaltando la crítica a la necesidad de realizar ensayos clínicos bien diseñados y con alto rigor metodológico; en la otra revisión no encontraron evidencia significativa.

El estudio realizado por Hulzebus et. al. 2006 donde se compara el uso del incentivo respiratorio con el uso adicional o no de un dispositivo para entrenamiento de músculos respiratorios en pacientes sometidos a revascularización miocárdica concluyó que el uso del dispositivo Threshold IMT redujo las complicaciones pulmonares postoperatorias y la estancia hospitalaria de forma significativa en relación con los que solo recibieron el incentivo respiratorio orientado al volumen, aunque en este estudio no se presentaron complicaciones pulmonares postoperatorias derivadas de la cirugía en ningún grupo podemos concluir que los tres dispositivos utilizados a la vez mejoraron el rendimiento frente a las mediciones en el postoperatorio inmediato, por lo cual se comportaron de manera similar considerándolos igualmente eficaces a la hora de prevenir las complicaciones pulmonares postoperatorias.

9. Conclusiones y Recomendaciones

El dispositivo Incentivo Respiratorio RSB® se comporta de manera similar que los dispositivos Incentivo Respiratorio SpiroBall® y el Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT para la rehabilitación pulmonar de pacientes que son sometidos a cirugía de tórax.

La fuerza global de músculos inspiratorios medida a través de la variable PIM demostró una caída significativa posterior a la intervención quirúrgica, la cual se recuperó de forma similar con el uso de los tres dispositivos respiratorios (Incentivo Respiratorio RSB®, Incentivo Respiratorio SpiroBall® y el Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT) sin embargo, el uso del Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® demostró ser significativamente estadístico siendo este el mejor.

El presente estudio demuestra que los pacientes en el postoperatorio inmediato presentan caídas importantes en las variables espirométricas siendo estos valores recuperados con el programa de fisioterapia respiratoria postoperatoria con los tres dispositivos evaluados, esto demuestra una eficacia individual en cada dispositivo (Incentivo Respiratorio RSB®, Incentivo Respiratorio SpiroBall® y el Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT) siendo el Incentivo Respiratorio RSB® el que mejor comportamiento y significancia estadística tuvo. No se encontraron diferencias a nivel intergrupal en la evaluación posoperatoria tardía (10 día de intervención).

En el presente estudio no se presentaron complicaciones pulmonares postoperatorias derivadas del procedimiento quirúrgico de tal forma que el uso de los dispositivos respiratorios: Incentivo Respiratorio RSB®, Incentivo Respiratorio SpiroBall® y el Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT mejoraron el rendimiento frente a

las mediciones realizadas en el postoperatorio inmediato, por lo cual se comportaron de manera similar considerándolos igualmente eficaces en la prevención de estas.

Se recomienda utilizar para un programa de fisioterapia respiratoria postoperatoria tanto un incentivo respiratorio orientado al volumen como un entrenador de músculos respiratorios con el fin de potencializar la intervención y recuperar de forma eficaz tanto la fuerza de los músculos inspiratorios como los volúmenes y capacidades pulmonares.

ANEXOS

ANEXO A. CONSENTIMIENTO INFORMADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LA INVESTIGACIÓN

Investigación

"Efectividad de la espirometría incentivada vs entrenamiento de músculos respiratorios, en el postoperatorio de pacientes con cirugía de tórax"

Director y Codirectora del proyecto de investigación:

Dr. Oscar Armando García Vega, MD, MS, PhD en Farmacología Clínica.
Coordinador del Departamento de Farmacología.
Profesor Asociado de la División de Fisiología, Facultad de Medicina.
Universidad Nacional de Colombia.

Dr. Alejandra Cañas Arboleda. MD. Internista Neumóloga
Jefe Unidad de Neumología
Hospital Universitario San Ignacio
Profesora Asociada Pontificia Universidad Javeriana

Investigador:

Fisioterapeuta Luz Kimberly Moreno Rodríguez, Candidata a Magister en Fisiología. Universidad Nacional de Colombia.

Este documento tiene como objetivo ayudarlo(a) a tomar la decisión de participar o no en la siguiente investigación; por favor lea atentamente este documento, si es necesario solicite ayuda o acompañamiento de alguna persona de su confianza para leerlo. Es importante que usted resuelva cualquier duda que se le presente, haciendo las preguntas necesarias al investigador y asegurarse que comprende todos los procedimientos que se le realizaran durante la participación del estudio, principalmente los riesgos que asumirá.

Las investigaciones cumplen un papel fundamental en nuestra sociedad, ya que a través de ellas se busca obtener nuevos conocimientos o respuestas a preguntas planteadas que pueden llegar a mejorar la calidad de vida de las personas.

El objetivo general de este estudio es, Evaluar comparativamente la Presión Inspiratoria Máxima, Capacidad Vital Forzada, Capacidad Vital Inspiratoria Forzada, Volumen Espiratorio Forzado en el 1 segundo, Flujo Inspiratorio Pico y Flujo Espiratorio Pico, en el uso del Incentivo Respiratorio RSB® vs Incentivo Respiratorio SpiroBall® vs Entrenador de Músculos Inspiratorios Threshold® IMT en pacientes con cirugía torácica a través de la prueba espirométrica y de manovacuometría.

Posibles Resultados

Los resultados de esta investigación podrían conducir a encontrar cuál de los dispositivos utilizados en el estudio puede ser igual o más efectivo a la hora de mejorar los volúmenes pulmonares y la fuerza de los músculos inspiratorios disminuyendo las posibles complicaciones pulmonares postoperatorias que se derivan del procedimiento quirúrgico y los factores de riesgo del paciente.

Participantes del estudio

78 Personas de sexo masculino o femenino que cumplan con los criterios de inclusión.

Procedimientos

1. Valoración inicial con el fin de determinar si cumplen con los criterios de inclusión y exclusión, para ello tendrá que firmar el consentimiento informado, responder un cuestionario de preguntas básicas sobre su estado de salud y autorizar la revisión de su historia clínica con el fin de verificar sus antecedentes, ya que pueden ser una causa de exclusión para el estudio. Es importante aclarar que la información obtenida del paciente y de la historia clínica es de uso exclusivo del investigador, de carácter confidencial y privado.
2. Información al paciente de si puede o no participar del estudio.
3. Diligenciamiento de información básica
4. Toma de medidas antropométricas (Peso, talla) y registro de signos vitales: (Frecuencia Cardiaca, Frecuencia Respiratoria, Tensión arterial, Oximetría; Valoración con la escala análoga verbal por si presenta algún tipo de dolor)
5. Prueba Espirométrica; Prueba Presión inspiratoria máxima.
6. Durante las primeras 24 horas posterior a su cirugía y postextubación (procedimiento por el cual se suministra oxígeno y se ventilan los pulmones durante la anestesia y posterior a ella si el paciente lo requiere) se tomarán nuevamente mediciones con espirometría y manovacuometría con el fin de determinar la condición pulmonar en cuanto al volúmenes y fuerza, teniendo en cuenta el procedimiento realizado. Se registran signos vitales
7. Intervención por fisioterapia respiratoria: En el postoperatorio inmediato y posterior a las segundas mediciones recibirá intervención por fisioterapia respiratoria con el fin de mejorar la ventilación pulmonar y disminuir las complicaciones pulmonares

postoperatorias, se le asignará un dispositivo con el que realizará ejercicios de la forma indicada durante los días siguientes, en los cuales se realizara seguimiento diario por el profesional

8. En el día 10 de su postoperatorio, se le realizarán nuevamente mediciones con espirometría y manovacuometría, registro de signos vitales
9. En el día 30 posterior a su cirugía se encuentre o no hospitalizado, será contactado por el investigador con el fin de hacer seguimiento a su condición, y revisar retrospectivamente si presentó algún tipo de complicación pulmonar postoperatoria.

Beneficios

La literatura y estudios previos han demostrado que la intervención de fisioterapia respiratoria en pacientes con cirugía torácica disminuye el riesgo de presentar complicaciones pulmonares postoperatorias, disminuye los días de hospitalización y los gastos derivados de esta, por lo cual, los pacientes de este estudio serán parte de ese posible beneficio, además de conocer su condición de salud.

Riesgos o incomodidades

Los riesgos que se asumen durante las sesiones de medición e intervención por fisioterapia son bajos, debido a que en todo momento será monitoreado y ante cualquier sigo o síntoma se detendrá de inmediato el protocolo y se solicitará valoración por el servicio tratante de ser necesario. Algunas de las molestias que puede presentar son:

- Dolor en el lugar de la cirugía por el esfuerzo respiratorio durante las mediciones o realización de los ejercicios
- Mareo a causa del aumento de volumen pulmonar y oxigenación en caso de hiperventilación
- Alteración en las cifras de tensión arterial o frecuencia cardiaca momentáneamente al realizar las maniobras respiratorias para la medición espirométrica y de manovacuometría
- Tos
- Movilización de secreciones por la vía aérea
- Dolor en el diafragma o músculos inspiratorios a causa del ejercicio.
- Lipotimia o desmayo por el estímulo vaso-vagal en el momento de las mediciones.

Costo

Por su participación voluntaria en el estudio no habrá ningún costo por las intervenciones que en esta investigación se realicen.

En caso de presentarse daños derivados de la investigación habrá disponibilidad de tratamiento médico por parte institución responsable del estudio.

Privacidad y confidencialidad.

Las mediciones y resultados que se hallen en la presente investigación, se utilizarán con fines científicos y podrán ser publicados en revistas científicas o ser presentados en reuniones científicas o ponencias, pero su identidad en ningún momento será revelada.

Esta autorización servirá hasta el final del estudio, a menos que usted decida retirarse, usted puede cancelar esta autorización en cualquier momento, de hacerlo, el investigador principal no usar, ni divulgará su información personal, ni la de su condición de salud bajo la autorización para este estudio.

La autorización para el uso y el acceso de la información protegida de la salud para los propósitos de la investigación es totalmente voluntaria. Sin embargo**,** de no firmar este documento usted no podrá participar en este estudio. Si en el futuro usted cancela esta autorización, no podrá continuar participando en este estudio.

Comunicación con el investigador

Si necesita alguna información adicional sobre la investigación, puede comunicarse con la investigadora principal, **Luz Kimberly Moreno Rodríguez**, al número celular 3193214243, o al email: lkmorenor@unal.edu.co, lkmoreno@husi.org.co.

Participación y retiro voluntario

La participación en éste estudio es voluntaria. Usted puede decidir no participar o retirarse del estudio en cualquier momento. La decisión suya no resultará en ninguna penalidad o pérdida de beneficios para los cuales tenga derecho. De ser necesario su participación en este estudio puede ser detenida en cualquier momento por el investigador del estudio sin su consentimiento.

De acuerdo a la resolución 008430 del 04 de octubre de 1993, título II —De la investigación en seres humanos||, capítulo I, —De los aspectos éticos de la investigación en seres humanos||, artículos 5 al 16, donde se incluyen los aspectos relacionados con el consentimiento informado, y habiendo recibido previa explicación y asesoría por parte de: la profesional en Fisioterapia Luz Kimberly Moreno Rodríguez, identificada con Cédula de Ciudadanía 53,045,700 de Bogotá.

En la que se me ha dado información sobre:

1. Propósito de la investigación
2. Interpretación de la investigación
3. Limitaciones de la investigación
4. Posibles resultados de la investigación.

YO, _____Identificado(a) con Cédula de Ciudadanía No _____ de _____ Autorizo a Luz Kimberly Moreno Rodríguez para realizarme las pruebas descritas anteriormente y ratifico que entiendo y he discutido con la persona que me brindó la información sobre los procedimientos a realizar y estoy de acuerdo con ella. Entiendo que todos los procedimientos son voluntarios y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento.

Observaciones: _____

_____

Fecha:_____

He leído la información de este consentimiento, o se me han leído de manera adecuada. Todas mis preguntas sobre el estudio y mi participación han sido resueltas por lo cual autorizo el uso y la divulgación de mi información obtenida en el desarrollo de la investigación para los propósitos descritos anteriormente. Al firmar esta hoja de consentimiento, no he renunciado a ninguno de mis derechos legales.

_____

Firma y cédula del Participante

Nombre completo del participante: _____

_____ _____

Testigo 1 Testigo 2

C.C C.C

_____

Firma y C.C. del investigador principal

ANEXO B. REGISTRO Y TETS PARA EL INGRESO AL ESTUDIO.

Fecha _____ No. Registro _____

Nombres: _____

Apellidos: _____

Documento de Identidad _____ de _____

Fecha de Nacimiento _____ Lugar _____

Edad _____ Género _____

Dirección de Residencia _____

Barrio _____ Ciudad _____

Teléfono _____ Celular _____

Acudiente _____

Dirección_____ Teléfono _____

Procedimiento Quirúrgico: _____

_____

_____

Fecha de Programación _____

Responda SI o NO a las siguientes preguntas:

	Pregunta	SI	NO
1	¿Le han dicho que tiene o tuvo trombo embolismo pulmonar?		
2	¿Ha presentado neumotórax en las últimas 2 semanas?		
3	¿En los últimos días ha tenido tos con movilización de sangre?		
4	¿En este momento usted presenta Tuberculosis, Influenza o infección por otro virus?		

5	¿Sabe usted si presenta un aneurisma cerebral o de la aorta?		
6	¿Ha presentado dolor torácico que no disminuye con el reposo?		
7	¿Sabe usted si padece de Insuficiencia Cardiaca Congestiva?		
8	¿Presenta usted alguna discapacidad cognitiva o psicosocial?		
9	¿Sabe leer?		
10	¿Sabe escribir?		
11	¿Sabe usted si presenta arritmia ventricular?		
12	¿Sufre usted de Hipertensión Arterial? (si la respuesta es no pase a la pregunta 16?		
13	¿Toma medicamento para controlar la tensión arterial?		
14	¿Se toma regularmente los medicamentos?		
15	¿Asiste a los controles médicos para el manejo de la Tensión Arterial?		
16	¿Ha sufrido un accidente cerebro vascular o trombosis en los últimos 3 años?		
17	¿Le han informado que sufre de hipertensión intracraneana?		
18	¿Tiene desprendimiento reciente de la retina?		
19	¿Le han realizado procedimientos quirúrgicos en los últimos 6 meses?		
20	¿Tiene problemas o limitaciones en boca o en dientes que le impidan usar una boquilla?		
21	¿La cirugía programada es considerada una urgencia?		
22	¿Presenta dolor agudo actualmente?		
23	Si presenta dolor califíquelo del 1 al 10, siendo 1 nada de dolor y 10 el dolor más intenso que haya sentido		

CONTROL DE SIGNOS VITALES

Hora: _____

Frecuencia Cardiaca _____ Frecuencia Respiratoria _____

Tensión Arterial Sistólica _____Tensión Arterial Diastólica _____

Saturación de Oxígeno _____

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Talla _____Peso _____

VALORES PRESION INSPIRATORIA MÀXIMA			
MEDICIÓN	**PIM PRE**	**PIM POST**	**PIM POST10**
1.			
2.			
3.			

DISPOSITIVO ASIGNADO: A_____ B _____C _____

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostini, P., Calvert, R., Subramanian, H., & Naidu, B. (2008). Is incentive spirometry effective following thoracic surgery? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, *7*(2), 297–300. http://doi.org/10.1510/icvts.2007.171025

Agostini, P., & Singh, S. (2009). Incentive spirometry following thoracic surgery: what should we be doing? *Physiotherapy*, *95*(2), 76–82. http://doi.org/10.1016/j.physio.2008.11.003

Ambrosino, N., & Gabbrielli, L. (2010). Physiotherapy in the perioperative period. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*, *24*(2), 283–289. http://doi.org/10.1016/j.bpa.2010.02.003

Barros, G. F., Santos, C. D. S., Granado, F. B., Costa, P. T., Límaco, R. P., & Gardenghi, G. (2010). Respiratory muscle training in patients submitted to coronary arterial bypass graft. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular : Orgao Oficial Da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, *25*(4), 483–490.

Bellinetti, Mylencovich, Tomson, J. C. (2006). Respiratory muscle evaluation in elective thoracotomies and laparotomies of the upper abdomen. *Jornal Brasileiro Do Pneumologia*, *32*(October 2004), 99–105. http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01730.x

Boley, T. M., Reid, A., Manning, B. T., Markwell, S. J., Vassileva, C. M., & Hazelrigg, S. R. (2012). Sternotomy or bilateral thoracoscopy: pain and postoperative complications after lung-volume reduction surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, *41*, 14–18. http://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.04.008

Bover, C. R. (2008). Exploración funcional respiratoria. *Asociación Española de Pediatría*, 42–70.

Cahalin, L. P., & Arena, R. a. (2015). Breathing Exercises and Inspiratory Muscle Training in Heart Failure. *Heart Failure Clinics*, *11*(1), 149–172. http://doi.org/10.1016/j.hfc.2014.09.002

Caruso, P., Luis, A., Albuquerque, P. De, Santana, P. V., Cardenas, L. Z., Ferreira, J. G., … Carvalho, R. (2015). Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *Jornal Brasileiro Do Pneumologia*, *41*(October 2014), 110–123.

Carvalho, C. R. F., Paisani, D. M., & Lunardi, A. C. (2011). Incentive spirometry in major surgeries: a systematic review. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, *15*(5), 343–350. http://doi.org/10.1590/S1413-35552011005000025

Cavenaghi, S., Ferreira, L. L., Marino, L. H. C., & Lamari, N. M. (2011). Respiratory physiotherapy in the pre and postoperative myocardial revascularization surgery. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, *26*(3), 455–461. http://doi.org/10.5935/1678-9741.20110022

Crisafulli, E., Venturelli, E., Siscaro, G., Florini, F., Papetti, A., Lugli, D., … Clin, E. (2013). Respiratory Muscle Training in Patients Recovering Recent Open Cardiothoracic Surgery: A Randomized-Controlled Trial. *BioMed Research International*, 7. http://doi.org/NCT01510275.

Cristancho, W. (2004). *FISIOLOGIA RESPIRATORIA* (Primera Ed). Bogotá, Colombia: Editorial El Manual Moderno.

Dall'Ago, P., Chiappa, G. R. S., Guths, H., Stein, R., & Ribeiro, J. P. (2006). Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *Journal of the American College of Cardiology*, *47*(4), 757–763. http://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.09.052

De Cleva, R., Assumpcao, M., Sasaya, F., Chaves, N., Santo, M., Flo, C., … Jacob Filho, W. (2014). Correlation between intra-abdominal pressure and pulmonary volumes after superior and inferior abdominal surgery. *Clinics*, *69*(7), 483–486. http://doi.org/10.6061/clinics/2014(07)07

Duggan, M., & Kavanagh, B. P. (2010). Perioperative modifications of respiratory function. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*, *24*(2), 145–155. http://doi.org/10.1016/j.bpa.2009.12.001

Evans, J. A. (2009). The Assessment of Maximal Respiratory Mouth Pressures In Adults, *54*(10), 1348–1359. http://doi.org/10.1053/j.jvca.2009.10.032

Ferreira, E., Rodrigues, A. J., Roberto, P., & Évora, B. (2009). Efectos de un Programa de Rehabilitación de la Musculatura Inspiratoria en el Postoperatorio de Cirugía Cardiaca. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, *92*, 268–275.

Galvao, L., da Silva-Júnior, F. P., Catunda, J., Sales, G., Salani, R., & Carvalhedo, P. (2007). Risk factors for pulmonary complications after emergency abdominal surgery. *Respiratory Medicine*, *101*(4), 808–813. http://doi.org/10.1016/j.rmed.2006.07.015

García-río, F., Calle, M., Burgos, F., Casan, P., Galdiz, J. B., Giner, J., … Puente, L. (2013). Espirometría. *Archivos de Bronconeumologia*, *49*(9), 388–401.

Grams, S. T., Ono, L. M., Noronha, M. a., Schivinski, C. I. S., & Paulin, E. (2012). Breathing exercises in upper abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, *16*(5), 345–353. http://doi.org/10.1590/S1413-35552012005000052

Güell Rous, M. R., Díez Betoret, J. L., & Sanchis Aldás, J. (2008). Rehabilitación respiratoria y fisioterapia respiratoria. Un buen momento para su impulso. *Archivos de Bronconeumologia*, *44*(1), 35–40. http://doi.org/10.1016/S1579-2129(08)60011-7

Guyton, Artur, Hall, J. (2011). *FISIOLOGÍA MEDICA* (Duodécima). Barcelona, España: Elsevier España SL.

Hall, J. C., Tarala, R. a, Tapper, J., & Hall, J. L. (1996). Prevention of respiratory complications after abdominal surgery: a randomised clinical trial. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, *312*(7024), 148–152; discussion 152–153. http://doi.org/10.1136/bmj.312.7024.148

Hanekom, S. D., Brooks, D., Denehy, L., Fagevik-Olsén, M., Hardcastle, T. C., Manie, S., & Louw, Q. (2012). Reaching consensus on the physiotherapeutic management of patients following upper abdominal surgery: a pragmatic approach to interpret equivocal evidence. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *12*(1), 5. http://doi.org/10.1186/1472-6947-12-5

Hulzebus, Erick, Helders, Paul J M. (2006). Muscle Training to Prevent Postoperative Pulmonary Complications in High-Risk. *JAMA*, (15), 1851–1857.

Junior, P. do N., Mondolo, B., Andrade, S., Guimaraes, M., Braz, L., & El Dib, R. (2014). Incentive Spirometry for Prevention of Postoperative Pulmonary Complications in Upper Abdominal Surgery. *The Cochrane Collaboration*, (2), 1–45. http://doi.org/110.1002/14651858

Kempainen, R. R., & Benditt, J. O. (2001). Evaluation and management of patients with pulmonary disease before thoracic and cardiovascular surgery. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *13*(2), 105–115. http://doi.org/10.1053/stcs.2001.24617

Kimball, W. R., Carwood, C. M., Chang, Y., McKenna, J. M., Peters, L. E., & Ballantyne, J. C. (2008). Effect of effort pain after upper abdominal surgery on two independent measures of respiratory function. *Journal of Clinical Anesthesia*, *20*(3), 200–205. http://doi.org/10.1016/j.jclinane.2007.10.009

Kulkarni, S. R., Fletcher, E., McConnell, a. K., Poskitt, K. R., & Whyman, M. R. (2010). Pre-operative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery - A randomised pilot study. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, *92*(8), 700–705. http://doi.org/10.1308/003588410X12771863936648

Kundra, P., Vitheeswaran, M., Nagappa, M., & Sistla, S. (2010). Effect of preoperative and postoperative incentive spirometry on lung functions after laparoscopic cholecystectomy. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*, *20*(3), 170–172. http://doi.org/10.1097/SLE.0b013e3181db81ce

Lunardi, a. C., Porras, D. C., Barbosa, R. C., Paisani, D. M., Marques da Silva, C. C., Tanaka, C., & Carvalho, C. R. (2014). Effect of Volume-Oriented Versus Flow-

Oriented Incentive Spirometry on Chest Wall Volumes, Inspiratory Muscle Activity, and Thoracoabdominal Synchrony in the Elderly. *Respiratory Care*, *59*(3), 420–426. http://doi.org/10.4187/respcare.02665

Manzano, R. M., Carvalho, C. R. F. De, Saraiva-Romanholo, B. M., & Vieira, J. E. (2008). Chest physiotherapy during immediate postoperative period among patients undergoing upper abdominal surgery: randomized clinical trial. *Sao Paulo Medical Journal = Revista Paulista de Medicina*, *126*(5), 269–273.

Matheus, G. B., Dragosavac, D., Trevisan, P., da Costa, C. E., Lopes, M. M., & de Aguiar Ribeiro, G. C. (2012). Inspiratory muscle training improves tidal volume and vital capacity after CABG surgery. *Revista Brasileira De Cirurgia Cardiovascular*, *27*(3), 362–369. http://doi.org/10.5935/1678-9741.20120063

Ministerio de Educación Nacional. LEY 528 DE 1999 (1999). Colombia.

Mohamed, M. A. (2005). Effect of Pulmonary Rehabilitation on ventilatory Function after Posterior Surgical Correction of Idiopathic Adolescent Scoliosis. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy Cairo University*, *10*(1), 231–237.

Mora, O., & Mora, G. (2007). *Historia de la Fisiología*. Santa Cruz de Tenerife, España: Fundación Canaria Orotava Historia de la Ciencia.

Overend, T. J., Anderson, C. M., Lucy, S. D., Bhatia, C., Jonsson, B. I., & Timmermans, C. (2001). The Effect of Incentive Spirometry on Complications. *Chest*, *120*(3), 971–978. http://doi.org/10.1378/chest.120.3.971

Paisani, D. D. M., Lunardi, a. C., Marques da Silva, C. C. B., Porras, D. C., Tanaka, C., & Carvalho, C. R. F. (2013). Volume Rather Than Flow Incentive Spirometry Is Effective in Improving Chest Wall Expansion and Abdominal Displacement Using Optoelectronic Plethysmography. *Respiratory Care*, *58*(8), 1360–1366. http://doi.org/10.4187/respcare.02037

Paiva, D. N., Assmann, L. B., Bordin, D. F., Gass, R., Jost, R. T., Bernardo-Filho, M., … Cardoso, D. M. (2015). Inspiratory muscle training with threshold or incentive spirometry: Which is the most effective? *Revista Portuguesa de Pneumologia*, *21*(2), 76–81. http://doi.org/10.1016/j.rppneu.2014.05.005

Pallas, R. (1988). *Introducción a la Bioingenieria*. Barcelona, España: Marcombo.

Parreira, V. F., Tomich, G. M., Britto, R. R., & Sampaio, R. F. (2005). Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *38*(7), 1105–1112. http://doi.org/10.1590/S0100-879X2005000700014

Pascotini, S., Ramos, M. D. C., Marcos, A., & Trevisan, M. E. (2013). Volume-oriented versus flow-oriented incentive spirometry over respiratory parameters among the elderly. *The Journal Fisioterapia E Pesquisa*, *20*(4), 355–360.

Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R. O., Burgos, F., Casaburi, R., … Wanger, J. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*, *26*(5), 948–968. http://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205

Possa, S. S., Amador, C. B., Costa, a. M., Sakamoto, E. T., Kondo, C. S., Vasconcellos, a. L. M., … Yamaguti, W. P. (2014). Implementation of a guideline for physical therapy in the postoperative period of upper abdominal surgery reduces the incidence of atelectasis and length of hospital stay. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, *20*(2), 69–77. http://doi.org/10.1016/j.rppneu.2013.07.005

Qaseem, A., Snow, V., Fitterman, N., Hornbake, E. R., & Lawrence, V. a. (2006). Clinical Guidelines Risk Assessment for and Strategies To Reduce Perioperative Pulmonary Complications for Patients Undergoing Noncardiothoracic Surgery : A Guideline from the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*, *144*(January), 575–580.

Quanjer, P. H., Stanojevic, S., Cole, T. J., Baur, X., Hall, G. L., Culver, B. H., … Schindler, C. (2012). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: The global lung function 2012 equations. *European Respiratory Journal*, *40*(6), 1324–1343. http://doi.org/10.1183/09031936.00080312

Renault, J. A., Costa-Val, R., Rosseti, M. B., & Houri Neto, M. (2009). Comparison between deep breathing exercises and incentive spirometry after CABG surgery. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular : Orgao Oficial Da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, *24*(2), 165–172.

Restrepo, R. D., Wettstein, R., Wittnebel, L., & Tracy, M. (2011). Incentive Spirometry: 2011. *Respiratory Care*, *56*(10), 1600–1604. http://doi.org/10.4187/respcare.01471

Rezaiguia, S., & Jayr, C. (1996). Prévention des complications respiratoires après chirurgie abdominale. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, *15*(5), 623–646. http://doi.org/10.1016/0750-7658(96)82128-9

Santos, Pereira Dos, et all. (2010). Diaphragmatic mobility in healthy subjects during incentive spirometry with a flow-oriented device and with a volume-oriented device. *Jornal Brasileiro Do Pneumologia*, *36*(April), 738–745. http://doi.org/10.2337/db06-0739.ECC

Suresh, K., & Chandrashekara, S. (2012). Sample size estimation and power analysis for clinical research studies. *Journal of Human Reproductive Sciences*. http://doi.org/10.4103/0974-1208.97779

Taylor, Amber, DeBoard, Zachary Gauvin, J. (2015). Prevention of Postoperative Pulmonary Complications. *International Anesthesiology Clinics*, *47*(4), 237 – 253. http://doi.org/10.1097/AIA.0b013e3181ba1406

Thanavaro, J., & Forner, B. (2013). Postoperative Pulmonary Complications. *The Nurse Practitioner*, *38*(7), 39–47.

Van Schil, P. E., Hendriks, J. M., & Lauwers, P. (2014). Focus on treatment complications and optimal management surgery. *Translational Lung Cancer Research*, *3*(3), 181–186. http://doi.org/10.3978/j.issn.2218-6751.2014.06.07

Weindler, J., & Kiefer, R. T. (2001). The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*, *119*(6), 1858–1864. http://doi.org/10.1378/chest.119.6.1858

Weiner, P., Man, a., Weiner, M., Rabner, M., Waizman, J., Magadle, R., … Greiff, Y. (1997). The effect of incentive spirometry and inspiratory muscle training on pulmonary function after lung resection. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *113*(3), 552–557. http://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70370-2

Westerdahl, E., Lindmark, B., Eriksson, T., Friberg, Ö., Hedenstierna, G., & Tenling, A. (2005). Deep-Breathing Exercises Reduce Atelectasis and Improve Pulmonary Function After Coronary Artery Bypass Surgery * Deep-Breathing Exercises Reduce Atelectasis and Improve Pulmonary Function After Coronary Artery Bypass Surgery *. http://doi.org/10.1378/chest.128.5.3482

Westwood, K., Griffin, M., Roberts, K., Williams, M., Yoong, K., & Digger, T. (2007). Incentive spirometry decreases respiratory complications following major abdominal surgery. *The Surgeon*, *5*(6), 339–342. http://doi.org/10.1016/S1479-666X(07)80086-2