

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE MEDICINA
SECCIÓN DE ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA**



**MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:
VENTILACIÓN MECÁNICA EN CUIDADOS CRÍTICOS**

**TÍTULO DEL ENSAYO:
REHABILITACIÓN PULMONAR POSTERIOR A LA INTUBACIÓN EN
VENTILACIÓN MECÁNICA DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA**

**PRESENTADO POR:
SUGEY SABRINA ARGUETA MUÑOZ N° CARNET AM19048
KAREN LISSETH CARRILLO PINEDA N° CARNET CP18031
MARCIA ARELY MALTEZ ARGUETA N° CARNET MA19048**

**DOCENTE ASESOR:
LICENCIADO JUAN ALEXIS BARAHONA PORTILLO**

SEPTIEMBRE DE 2025

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES



MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA
RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN
VICERRECTORA ACADÉMICA

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA
SECRETARIO GENERAL

LICDA. ANA RUTH AVELAR
DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIO

LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA
FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
AUTORIDADES



MSC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO
DECANO

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA
VICEDECANA

LIC. CARLOS JESÚS SÁNCHEZ
SECRETARIO

MTRA. DIANA DEL CARMEN MERINO
DIRECTORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DR. AMADEO ARTURO CABRERA GUILLÉN
JEFE DE DEPARTAMENTO

LIC. JORGE PASTOR FUENTES CABRERA
COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

ÍNDICE

	Pág
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
DESARROLLO	15
1. Ventilación mecánica	15
1.1. Principios y fundamentos de la ventilación mecánica	15
1.2. Tipos de ventilación mecánica	16
1.3. Indicaciones para la ventilación mecánica	17
1.4. Modalidades de ventilación.....	18
1.5. Complicaciones asociadas a la ventilación mecánica.....	21
1.6. Parámetros y ajustes en la ventilación mecánica	24
2. Intubación endotraqueal y su influencia en la función pulmonar	27
2.1. Procedimiento de intubación endotraqueal	27
2.2. Efectos de la intubación sobre la anatomía y fisiología respiratoria.....	29
2.3. Complicaciones post-intubación inmediatas y a largo plazo	31
3. Rehabilitación pulmonar post-intubación	34
3.1. Concepto y objetivos de la rehabilitación pulmonar	34
3.2. Importancia de la rehabilitación en el proceso post-intubación.....	36
3.3. Evaluación de la función pulmonar post-intubación	37
3.4. Estrategias de rehabilitación pulmonar	42
3.5. Protocolos de rehabilitación pulmonar post-intubación	52
3.6. Resultados esperados de la rehabilitación pulmonar post-intubación	54
3.7. Factores que afectan la eficacia de la rehabilitación pulmonar	56
4. Enfoque multidisciplinario en la rehabilitación pulmonar post-intubación ..	58
4.1. Rol del médico intensivista.....	58
4.2. Papel del rehabilitador pulmonar	60
4.3. Importancia del equipo de salud en el seguimiento y apoyo.....	62
4.4. Educación del paciente y la familia en el proceso de rehabilitación.....	65

5. Investigación en ventilación mecánica y rehabilitación pulmonar	66
5.1. Investigaciones actuales sobre rehabilitación pulmonar post-intubación	66
5.2. Innovaciones en el tratamiento de las complicaciones post-intubación	68
CONCLUSIÓN	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

SIGLAS Y ABREVIATURAS

SIGLAS

6MWT: Prueba de caminata de seis minutos

APRV: Ventilación con Liberación de Presión en la Vía Aérea

ERS/ATS: European Respiratory Society/American Thoracic Society

FEF: Flujo espiratorio forzado

MEP: Presión espiratoria máxima

MIP: Presión inspiratoria máxima

mMRC: Escala modificada del Medical Research Council

PEP: Presión Espiratoria Positiva

PFE: Flujo espiratorio máximo

Ppl: Presión plateau

PRVC: Ventilación Controlada por Volumen con Regulación de Presión

SPPB: Short physical performance battery.

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.

V/Q: Relación ventilación/perfusión

VEF1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo

ABREVIATURAS

PaCO₂: Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial

PaO₂: Presión parcial de oxígeno en sangre arterial

PEEP: Presión positiva al final de la espiración.

Raw: Resistencia en las vías respiratorias.

SatO₂: Saturación de oxígeno

RESUMEN

La ventilación mecánica invasiva es un procedimiento esencial en las Unidades de Cuidados Intensivos para la atención de individuos con fallos respiratorios. Por esta razón, la rehabilitación pulmonar es un proceso multidisciplinario que abarca más que un tratamiento médico. Con el objetivo principal de analizar la rehabilitación pulmonar posterior a la intubación en ventilación mecánica de la Unidad de Cuidados Intensivos. Determinando sus beneficios en la recuperación de las personas afectadas.

El texto expone los principios fundamentales de esta terapia abarcando los diversos tipos de ventilación así como las circunstancias que justifican su aplicación. Dadas por alteraciones en los alvéolos o por debilidad en los músculos encargados de la inspiración y espiración. Asimismo, se describen las modalidades de ventilación y las posibles complicaciones que incluyen daño pulmonar. En términos generales, el ensayo enfatiza que aunque la ventilación mecánica es una herramienta crucial que presenta riesgos lo que subraya la necesidad de un proceso de recuperación posterior para reducir sus efectos adversos.

Se destaca la relevancia del ejercicio físico como la terapia respiratoria para fortalecer los músculos implicados, aumentar la resistencia también movilizar las secreciones lo que ayuda a prevenir infecciones y mejora la oxigenación. Se mencionan métodos como la percusión y la vibración del tórax para facilitar la eliminación del moco. El propósito principal de esta investigación es examinar la rehabilitación pulmonar en pacientes que han sido intubados en la unidad de cuidados intensivos, evaluando sus aportes en el proceso de recuperación.

Palabras claves: Rehabilitación pulmonar, Post-intubación, Ventilación mecánica, Pruebas de función respiratorias.

ABSTRACT

The mechanical invasive ventilation is an essential procedure in Intensive Care Units for the care of individuals with respiratory failure. For this reason, pulmonary rehabilitation is a multidisciplinary process that covers more than just medical treatment. With the main objective of analyzing pulmonary rehabilitation after intubation for mechanical ventilation in the Intensive Care Unit. Determining its benefits in the recovery of affected people.

The text explains the fundamental principles of this therapy, covering the various types of ventilation as well as the circumstances that justify its application. Given by alterations in the alveoli or by weakness in the muscles responsible for inspiration and expiration. Likewise, ventilation modalities and possible complications that include lung damage are described. In general terms, the essay emphasizes that although mechanical ventilation is a crucial tool, it presents risks, which underscores the need for a subsequent recovery process to reduce its adverse effects.

The relevance of physical exercise as respiratory therapy is highlighted to strengthen the involved muscles, increase resistance, and also mobilize secretions, which helps prevent infections and improves oxygenation. Methods such as chest percussion and vibration are mentioned to facilitate mucus removal. The main purpose of this research is to examine pulmonary rehabilitation in patients who have been intubated in the intensive care unit, evaluating its contributions to the recovery process.

Keywords: Pulmonary rehabilitation, Post-intubation, Mechanical ventilation, Respiratory function test.

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica invasiva es un procedimiento importante en la Unidad de Cuidados Intensivos. Se utiliza para el tratamiento de pacientes con insuficiencia respiratoria crónica o aguda que no puedan mantener un adecuado intercambio gaseoso por sí mismo debido a múltiples afecciones médicas. Por lo tanto, llevar a cabo esta intervención, implica la realización de una intubación en el paciente. De esta manera se asegura una vía aérea permeable que permite la asistencia ventilatoria. Durante la respiración artificial, un ventilador introduce una mezcla de gases, la cual se administra por medio del tubo endotraqueal (1).

Así, los gases que llegan a las vías respiratorias centrales del paciente y viajan hacia los alvéolos donde se produce el intercambio gaseoso. Conforme se llena de aire, se produce un incremento en la fuerza interna, conocido como presión intraalveolar así la ventilación mecánica va alternando entre la fase inspiratoria y espiratoria cuando se alcanzan presiones preestablecidas en el circuito u al disminuir el flujo a un nivel determinado, el ventilador detiene la entrega de oxígeno. Esto es crucial para impedir la hiperinsuflación pulmonar y sus potenciales complicaciones (1).

Por lo tanto, a lo largo del tiempo se registraron hechos históricos de más de 1,000 años de la antigua China sobre ejercicios terapéuticos practicados por sacerdotes taoístas, donde se explican posiciones corporales y rutinas respiratorias con el objetivo de aliviar el dolor y otros síntomas. Por otro lado, en la antigua Roma, Antilo señalaba sobre los riesgos del reposo excesivo. Desde su perspectiva, indicaba que las personas con afecciones repentinas debían descansar sin fatigarse, mientras que aquellos con enfermedades crónicas, sólo requerían reposo en periodos en los que la enfermedad se volvía más activa (2).

De esta manera, desde 1936 El Sanatorio para enfermos de tuberculosis de Huipulco se ha dedicado a la atención de poblaciones vulnerables, implementando programas centrados en individuos hospitalizados por tuberculosis. Quienes después de un largo tiempo de internamiento, deben ser incorporados nuevamente a la sociedad, con este fin se implementó la rehabilitación pulmonar, donde ha podido nacer y consolidarse como una parte fundamental en la atención a los pacientes (2).

Posteriormente, en 1956, se continuó profundizando acerca de la importancia de este servicio, estableciendo que debía ser un trabajo en equipo. Además debía de ser personalizado y orientarse al retorno del paciente a su vida normal. En este punto, se establece la dificultad de la época para tener personal debidamente entrenado y calificado que pudiera llevar la organizar y mantener el programa. Por ello, el interés por la rehabilitación pulmonar se consolidó en los años 70 como un área de especialización para el área de salud como, terapeutas respiratorios, entre otros. Ofreciendo formación a través de cursos de posgrado, y capacitaciones, por medio de pasantías y rotaciones clínicas (2).

Por otro lado, la Sociedad Torácica Americana, en el año de 1980 describió formalmente los componentes esenciales de la rehabilitación para pacientes con enfermedades respiratorias; entre estos, se abarcaba desde el entrenamiento físico, la educación del individuo, la evaluación de resultados, la atención psicosocial y conductual. Así en años más recientes una iniciativa centrada en las Enfermedades Pulmonares Obstructivas Crónicas (EPOC) marcaría un hito al incluir la readaptación pulmonar como un tratamiento estándar para esta condición. De esta manera, finalmente se extendió para considerarse una medida terapéutica para sujetos que padecen otras afecciones del aparato respiratorio (3).

Sin embargo, los pacientes que han estado expuestos durante períodos prolongados al uso de ventiladores, es común experimentar afección muscular relacionada con el tiempo de intubación (4). En 1994, Le Bourdelles et al. Describieron por primera vez la disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica. Al someter animales a esta intervención demostraron que tras cuarenta y ocho horas de asistencia respiratoria hubo minoría de la fuerza muscular (5). Además, varios estudios ejecutados en distintas especies demuestran que son suficientes doce a dieciocho horas de respiración artificial para que exista una atrofia de este músculo (6).

Así mismo, resultados semejantes a estos fueron confirmados en humanos tras dieciséis a sesenta y nueve horas en las que se demostró alteraciones estructurales del diafragma (7). Por otro lado, investigaciones recientes han comprobado que, en tan solo dos semanas de reposo los adultos sanos pueden perder entre el cinco por ciento y el nueve por ciento de la masa muscular. De ese modo, hasta un veinte a veintisiete por

ciento de la fuerza del músculo se ve afectada. Este deterioro en la estructura corporal y capacidad de contracción tiende a ir incrementando con el paso del tiempo (4).

A su vez, se ha observado que los requerimientos de ventilación mecánica son más prolongados en otras condiciones. Algunos reportes indican que la duración puede extenderse hasta tres semanas, lo que podría traer consigo daños más severos. Aparte del tiempo de intubación, otros factores adicionales influyen en la debilidad muscular en pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos. Entre las variables se encuentra el reposo prolongado y el uso de medicamentos como corticoides y sedantes, que afectan la transmisión neuromuscular (4).

Así, aquellos que presentan una capacidad física menor antes de la enfermedad o condición, se verán más afectados en comparación con individuos que ya eran físicamente activos o que tienen un deterioro funcional previo mucho menor. Además, diversos estudios indican que las personas mayores experimentan una afectación acelerada de las funciones musculares, mostrando pérdidas de masa muscular, entre seis veces mayor en comparación con adultos menores de sesenta y cinco años (4).

Por ello, la rehabilitación pulmonar emerge como un control que asiste a quienes padecen trastornos respiratorios para mejorar su calidad de vida e inspirar con mayor facilidad. Se puede requerir este tipo de terapia si sufre de una secuela pulmonar. La investigación acerca del impacto que tienen los pacientes con ventilación mecánica en la Unidad de Cuidados Intensivos es de vital relevancia. Esto se debe a que las personas que requieren respiración artificial suelen tener condiciones críticas que afectan gravemente su capacidad respiratoria (8).

Por lo tanto, la rehabilitación pulmonar, que incluye ejercicios respiratorios, movilización progresiva y técnicas de reentrenamiento, puede ser fundamental para prevenir efectos adversos. Entre ellos, acumulación de secreciones y debilidad muscular para mejorar la función respiratoria y fomentar una recuperación más rápida. Para ello, se debe conocer los diferentes ejercicios de fisioterapia, que permitan elaborar un plan de cuidados que recojan técnicas beneficiosas adaptadas a las necesidades específicas de cada paciente (8).

Asimismo, es fundamental comprender los beneficios asociados a estos ejercicios para profundizar en su importancia y en el impacto directo que puede tener en el

bienestar del paciente crítico, promoviendo una mejora en su calidad de vida y en el proceso de recuperación respiratoria (8). Con ello se busca un enfoque que no solo mejore la atención y recuperación de los enfermos, sino también se avance en el conocimiento y en la práctica de la fisioterapia. En este contexto, se abordan temas relacionados con la aplicación de la rehabilitación pulmonar en individuos con diversas afecciones respiratorias (8).

Ahora bien, dentro de este marco general, es fundamental distinguir entre dos tipos principales de patología que impactan la función pulmonar. En primer lugar, las enfermedades obstructivas, las cuales se manifiesta por una limitación del flujo en, la cual no se revierte completamente; empeora con el tiempo y se relaciona con una respuesta inflamatoria anormal frente a sustancias nocivas (9). Puede involucrar daño o destrucción por mucosidad (10). Sus síntomas pueden ser tos con esputo, problemas para respirar, sibilancias y fatiga.

Entre las patologías obstructivas más nombradas se encuentran: Enfermedad Obstructiva Crónica (EPOC), bronquitis crónica, las bronquiectasias y la fibrosis quística (11). La rehabilitación respiratoria es sugerida para pacientes que, pese al tratamiento, permanezcan con disnea en actividad física y vida cotidiana, ansiedad y pérdida de la independencia. En este sentido, este abordaje terapéutico ha demostrado ser efectivo, ayudando significativamente a reducir la dificultad para respirar durante el esfuerzo, mejorar la tolerancia al ejercicio y aumentando la calidad de vida mediante entrenamiento muscular (12).

En segundo término, es importante considerar las patologías restrictivas que impiden la expansión pulmonar en su totalidad ya sea por pérdida de elasticidad o alteraciones de la caja torácica, huesos o músculos, lo que dificulta su expansión al inhalar. En consecuencia, también se limita el incremento y la cantidad de aire que pueden contener, lo cual disminuye y lleva a una dificultad respiratoria. Entre los síntomas que suelen presentarse tos, disnea, sibilancias y dolor en el pecho (13).

Según sus orígenes, las enfermedades pulmonares restrictivas comprenden dos tipos, las intrínsecas como la fibrosis pulmonar y neumonía intersticial no específica la sarcoidosis y la aguda. En cuanto a la de causa extrínseca, incluye deformidad torácica como lo es la escoliosis, la obesidad y diversas afecciones pleurales, entre otras (14). El

tratamiento de estas patologías requiere un equipo multidisciplinario que trabajar en coordinación con el paciente (15).

Por lo tanto, el programa de rehabilitación prioriza una combinación de ejercicios y entrenamientos dirigidos a la resistencia y a la fuerza; entre los que generalmente se realizan se encuentra la práctica de marcha, bicicleta estática, resistencia de miembro superior. Se aconseja un programa de resistencia con una intensidad del 60% de trabajo máximo durante un periodo de 20 a 30 minutos. También sesiones con periodos de 60 a 80% durante 2 a 3 minutos, seguido de periodos iguales de descanso. Es crucial, además, educar e instruir al paciente. Para ello, se requiere un esquema que abarque aspectos como el manejo de la disnea, la tos, la fatiga, la ansiedad y principios de la oxigenoterapia (15).

Por otro lado, el artículo de la revista canadiense del año 2011 da a conocer un estudio de 109 personas con Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda (SDRA) que sobrevivieron hasta el alta en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). En este estudio, tras un período de tres meses hasta los cinco años posteriores, a estos pacientes se les realizaron pruebas de función respiratoria, test de marcha de seis minutos, oximetría en reposo y ejercicio. La finalidad de esta evaluación era describir la discapacidad funcional pulmonar. La edad media fue de 44 años, el 83% de ellos no presentaban patologías sobreagregadas (16).

Además, se observó que los individuos más jóvenes tuvieron una mayor tasa de recuperación en comparación con los de edades mayores; sin embargo, ninguno de los grupos recuperó su función normal tras los cinco años (16). Por otra parte, en El Salvador, en el año 2020, se habilitaron programas de rehabilitación pulmonar post COVID-19 ayudando a la recuperación y a la calidad de vida en este tipo de pacientes. Además, describen ejercicios, técnicas y pruebas respiratorias y por consiguiente tratamientos que van acompañados (17).

Concluyendo así, que cada individuo tendrá programas adaptados a sus necesidades, donde durante las terapias obtendrán recursos didácticos y datos relevantes para apoyar su proceso de mejoramiento. Por lo tanto, asistirán de dos a tres veces por semana, siendo monitoreados continuamente por el equipo médico a lo largo de 24 encuentros hasta que su salud mejore y logren el alta (18).

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo principal analizar la rehabilitación pulmonar posterior a la intubación en ventilación mecánica de la Unidad de Cuidados Intensivos, determinando sus beneficios en la recuperación de las personas afectadas. A través de la investigación se busca ampliar el conocimiento en este campo y proporcionar datos precisos para identificar las técnicas óptimas de acondicionamiento de la función respiratoria.

En consecuencia, se pretende mejorar las pautas a seguir en los protocolos de atención a las necesidades específicas de los pacientes, mejorando su calidad de vida y disminuyendo significativamente la tasa de reingreso hospitalario de manera considerable. Para ello, se empleó una metodología en la cual se realizó una extensa indagación, a través de una búsqueda sistemática en diversas bases de datos en línea y bibliotecas digitales, con el fin de obtener registros actualizados y de interés.

Debido a esto, se facilitó la recopilación exhaustiva de información, lo que a su vez permitió comprender a profundidad y garantizar una perspectiva integral y bien sustentada. Para ello, se consultaron múltiples recursos informativos tales como artículos de internet provenientes de organizaciones dedicadas a la salud, estudios especializados y libros de interés. Por consiguiente, este ensayo tiene como propósito evaluar la efectividad de la rehabilitación pulmonar en la recuperación, analizando si contribuyen a una mejora clínica en pacientes sometidos a ventilación mecánica prolongada.

Asimismo, se busca describir los principales cambios fisiológicos, considerando la clasificación de enfermedades, así como también describir los tipos de ejercicios respiratorios y la forma correcta de realizarse. Por tanto, la relevancia de este ensayo emerge de la necesidad de mejorar la recuperación más temprana de los pacientes que han pasado por la Unidad de Cuidados Intensivos. Además, comprender la efectividad de la rehabilitación pulmonar, para reducir la posibilidad de complicaciones a largo plazo.

DESARROLLO

1. Ventilación mecánica

1.1. Principios y fundamentos de la ventilación mecánica

En primer lugar, los pulmones son órganos que forman parte del sistema respiratorio. Están situados dentro de la cavidad torácica, es decir, en el pecho, protegidos por las costillas, y se encuentran rodeados por una membrana llamada pleura. Estos cumplen una función vital en el proceso de la respiración, lo cual es esencial para la vida. En cada ciclo, al inhalar el aire que se encuentra en el ambiente, donde entra por la vía respiratorias y pasa por las distintas vías, como la tráquea, bronquios, hasta que finalmente llega a estas estructuras, donde el oxígeno pasa a la sangre a través de los sacos alveolares (19).

En este sentido, esta transferencia de oxígeno a la sangre es crucial porque, de este modo, las células del cuerpo pueden realizar sus funciones metabólicas. Asimismo, el dióxido de carbono sale del torrente sanguíneo y se transfiere a los pulmones; desde ahí es expulsado del cuerpo al exhalar. Este proceso de entrada de O₂ y salida de dióxido de carbono es fundamental para mantener el equilibrio químico y la salud dentro del organismo. Este control está regulado por el cerebro, específicamente por el centro respiratorio, donde se regula la frecuencia respiratoria, es decir, cuán rápido es la respiración en respuesta a las necesidades del cuerpo.¹⁹

Por ejemplo, cuando se realiza ejercicio, los músculos requieren más oxígeno o producen más dióxido de carbono. El cerebro ajusta la respiración para satisfacer esas demandas, acelerando o ralentizando la frecuencia según sea necesario. De este modo, el sistema trabaja en conjunto para mantener el equilibrio vital del organismo, permitiendo el ciclo de manera automática y eficiente sin necesidad de pensar o ser consciente en la mayoría de los casos. (19)

De hecho, la ventilación mecánica es un conjunto de procedimientos que se utilizan para proporcionar una respiración artificial en una persona cuando no puede inspirar y espirar por sí misma o cuando, por alguna razón, no le es posible respirar de manera natural. Se emplea un ventilador, el cual ayuda o reemplaza la función de los pulmones en el proceso de oxigenación del organismo. La finalidad es que la respiración asistida

mejore la cantidad de oxígeno que llega a la sangre y a los tejidos, influyendo en la mecánica pulmonar, es decir, en la forma en que los pulmones se expanden y contraen durante la respiración (20).

Así pues, el ventilador actúa generando presión positiva en las vías aéreas; de este modo, empuja el aire hacia los pulmones en la fase activa del ciclo pulmonar. Este proceso consiste en introducir aire en las vías centrales y en los alvéolos. De esta manera, el aparato ayuda a que el oxígeno entre en el cuerpo y que el dióxido de carbono sea expulsado eficientemente. El objetivo es facilitar el intercambio gaseoso y reducir el esfuerzo que el cuerpo debe hacer para inhalar y exhalar, beneficiando a pacientes que tienen dificultad para respirar por sí mismos debido a enfermedades, lesiones o condiciones que afectan los pulmones o los músculos respiratorios (20). Para lograr esto, existen varias modalidades en el soporte ventilatorio cada uno diseñado para ajustarse a las necesidades particulares de cada paciente.

Por consiguiente, la ventilación invasiva se usa comúnmente en casos de insuficiencia respiratoria grave, cuando el paciente no puede mantener una respiración adecuada por sí mismo y requiere asistencia constante para mantener niveles adecuados de oxigenación y eliminación de gases residuales. Es una intervención que, aunque sea intrusiva, puede salvar vidas y estabilizar a los pacientes en situaciones críticas permitiendo que los pulmones descansen y se recuperen (20).

1.2. Tipos de ventilación mecánica

En particular, los ventiladores mecánicos emplean presión positiva para facilitar la entrada de gas en los pulmones. Por lo que, en lugar de dejar que el aire entre de forma pasiva, el aparato genera una presión adicional que empuja el aire hacia las vías respiratorias, ayudando a que el oxígeno llegue a los pulmones. Esto permite controlar y optimizar la cantidad de aire que recibe el paciente. La asistencia respiratoria con presión positiva puede clasificarse en dos grandes categorías: la ventilación invasiva y la ventilación no invasiva (20).

En cuanto a la ventilación no invasiva, se han adoptado métodos de soporte ventilatorio donde no se requiere la inserción de tubos de la vía respiratoria. Este enfoque es conocido como ventilación no invasiva (VNI) útil en pacientes con enfermedades neuromusculares o con apnea de sueño, en la que se suministra un flujo de aire mediante

una interfase o mascarilla que se coloca sobre la cara del paciente, formando un puente entre el respirador y el paciente sin invadir las vías respiratorias (21).

Por lo tanto, esto mantiene la integridad de los mecanismos de defensa natural de las vías respiratorias y, con ello, evita la necesidad de procedimientos invasivos como la intubación. Donde se cumplen objetivos como el mejorar el intercambio de gases, corrigiendo condiciones como hipoxemia o hipercapnia aguda, además de disminuir el trabajo respiratorio el consumo de oxígeno asociado, permitiendo que los músculos respiratorios descansen y reduzcan la fatiga muscular.

No obstante, aunque estos objetivos son similares a otros métodos de soporte ventilatorio, la técnica de la ventilación no invasiva presenta diferencias importantes, como lo son el ser utilizadas de forma intermitente según la necesidad y tolerancia del paciente, quien debe mantener un buen nivel de conciencia para colaborar con el tratamiento, además de evitar la necesidad de intubación orotraqueal, lo que previene las complicaciones que éste implica (21).

Después de todo, la ventilación mecánica invasiva implica la colocación de un tubo en la vía aérea, conectado a un ventilador para proporcionar soporte respiratorio. Este tubo puede insertarse a través de la boca mediante una intubación orotraqueal o por el cuello mediante una traqueotomía, dependiendo de la situación clínica y la duración prevista del soporte ventilatorio (20).

1.3. Indicaciones para la ventilación mecánica

Insuficiencia respiratoria tipo 1 o hipoxemia severa la cual se caracteriza por baja de oxigenación con $Paco_2$ normal o baja y aumento en el gradiente alveolo-arterial de oxígeno cuando la Pao_2 cae por debajo de 50 mmHg acompañada de descenso en la saturación y en el contenido arterial de oxígeno a pesar de la administración de oxígeno suplementario al menos al 50%.

De igual forma, insuficiencia respiratoria tipo 2 o hipercapnia por una falla en la ventilación alveolar que se presenta con hipoxemia, PaO_2 elevada y un gradiente alveolo-arterial de oxígeno anormal. Es de importancia verificar que la elevación de la $PaCO_2$ sea aguda y que haya una caída del PH por debajo de 7.25, evaluando si la situación pone en riesgo la vida del paciente.

Así pues, el compromiso neuromuscular de la respiración como en enfermedades desmielinizantes, traumatismos de médula espinal o lesiones del sistema nervioso central donde la función respiratoria está afectada por una disfunción neuromuscular. De forma similar la en la hipertensión intracraneal la ventilación controlada y temporal mediante la hiperventilación puede usarse para disminuir la presión intracraneal. En la profilaxis ante inestabilidad hemodinámica, cuando existe riesgo de que la entrega de oxígeno y energía a los músculos respiratorios se vea comprometida con disminución de la disponibilidad de oxígeno en los tejidos.

De manera que, el aumento del trabajo respiratorio como parte de la enfermedad que causa la insuficiencia respiratoria puede llevar a fatiga muscular respiratoria si no se interviene a tiempo. En el tórax inestable ya sea por traumatismo torácico, accidental o post quirúrgico. En sedación y/o relajación muscular para facilitar procedimientos quirúrgicos o intervenciones prolongadas donde es necesario reducir la actividad muscular y donde el requerimiento extremo de volumen minuto sea menor a 3 litros o mayor de 20 litros (22).

1.4. Modalidades de ventilación

Mientras tanto, el soporte ventilatorio convencional puede ofrecerse mediante diferentes modos de ventilación, ya que las necesidades y expectativas de cada paciente son únicas y varían en cada situación. La elección del modo debe de hacerse cuidadosamente, evaluando al paciente para determinar cuál será el más beneficioso al comenzar la ventilación mecánica (23).

En algunos casos, puede ser necesario cambiar el modo durante el proceso, dependiendo de la evolución del paciente. No se puede afirmar que un modo sea superior a otro; no existe una solución única. Por eso, el terapeuta debe seleccionar el modo más adecuado dentro de un amplio rango de opciones, ajustándose a las características y necesidades específicas de cada paciente en cada momento (23).

La ventilación controlada cuando el ventilador se encarga por completo de la actividad respiratoria del paciente sin que este tenga ninguna participación se habla de ventilación controlada (CMV). Generalmente, los médicos y terapeutas la usan en situaciones donde es necesario asegurar un nivel mínimo de volumen, ya que por debajo de ese umbral puede aumentar significativamente la morbilidad. Además, el paciente

puede volverse ansioso y desarrollar cierta dependencia del ventilador, lo que dificulta su retiro; al intentar desconectar, puede producir retención de CO₂ (23).

Las principales indicaciones en la unidad de cuidados intensivos para este modo son casos de tétanos, necesidad de relajación muscular, recién nacidos de alto riesgo, donde el aumento de las presiones de la vía aérea puede ser mortal e insuficiencia respiratoria. Una de las principales ventajas es que garantiza una entrega constante, adecuada y ajustable de parámetros ventilatorios, protegiendo al paciente (23). En contraste, entre las desventajas se encuentra que, si la máquina falla o se desconecta, puede poner en riesgo la vida del paciente el uso prolongado puede llevar a una disminución de la fuerza muscular respiratoria, atrofia disfunción diafragmática inducida por el ventilador y otras complicaciones como atelectasia, barotrauma, volutrauma, biotrauma y problemas hemodinámicos (23).

En este modo ventilación asistida la persona realiza un impulso que al ser detectado activa el ventilador, esté al comenzar la inhalación se ve reflejado un cambio en la curva de presión, la cual se modificará según la sensibilidad del trigger fijado y del esfuerzo por parte del paciente (24). Además, este puede ser regulado por presión o volumen, ajustando parámetros para proporcionar la cantidad fijada, que permanecerá constante, sin tener en cuenta las picos que se deseen en las vías respiratorias, como la máxima o de meseta (25).

De igual manera, las fuerzas influenciadas por la capacidad de expansión del pulmón y la oposición de la vía aérea podría ocasionar que se generen presiones elevadas para proporcionar el volumen deseado, por lo que es necesario prestar especial atención a estos parámetros cambiantes en este tipo de modo ventilatorio.²⁵ A su vez, Volumen Controlado Asistido el paciente siempre obtiene como mínimo el volumen corriente establecido. Por otro lado, el modo asisto controlado por presión, el tidal será una variable dependiente y la cantidad de respiraciones obligatorias varía según el paciente, la frecuencia, y el volumen por minuto puede modificarse (26).

Los modos combinados desarrollan tácticas que aseguran un volumen tidal apropiado, teniendo en cuenta las presiones esenciales para que el pulmón permanezca distendido sin provocar barotrauma, estas son conocidas como modos duales y necesitan un progreso significativo en la configuración del ventilador, de manera que

pueda gestionar el control de ambas variables en cada respiración, ajustándose a la compliance y oposición del paciente. El límite de la variable controlada establece el valor máximo, que puede referirse a presión, flujo tiempo (25).

Los sistemas ventilatorios duales como la Ventilación con Liberación de Presión en la Vía Aérea (APRV) es un modo que proporciona una presión positiva continua con liberaciones breves y cicladas en tiempo a una tensión más baja conocido como pulmón abierto (27). Se menciona, que este método emplea una relación invertida de inspiración y espiración (I:E) durante todo el ciclo de respiración. Lo que implica inhalaciones iniciadas y controladas por la máquina que se alternan con las que sensan y manejan los pacientes con un período determinado (25).

En el caso de presión superior (P_{high}) que se mantiene durante mayor parte del ciclo y podría ser similar a (P_{meseta}). Tiempo superior (T_{high}) corresponde a la duración en el cual P . alta es mantenida. Presión inferior (P_{low}) representa la espiración del mismo modo se puede referir como PEEP. Y tiempo inferior (T_{low}) cuando la P . baja es sostenida y que corresponde a la liberación de la Vía Aérea (VA). (24) El propósito de estas variables es conseguir una elevación máxima, lo que impide el colapso de los alvéolos que son inestables.

Además ofrece el beneficio de facilitar el reclutamiento lo que permite que se maximicen las regiones pulmonares que son aptas para el intercambio de gases. No obstante, es crucial mantenerse alerta al esfuerzo inspiratorio durante la ventilación espontánea ya que esto puede provocar un aumento en la perfusión de los músculos y elevar la carga respiratoria. Por esta razón debe usarse con cuidado y modificarse de acuerdo a lo que el paciente requiera para evitar causar edema pulmonar (25). Con respecto a la Ventilación Controlada por Volumen con Regulación de Presión (PRVC) es un modo de ventilación en el que el respirador intenta alcanzar el volumen corriente preestablecido con la menor presión posible en la vía aérea (28).

Mientras el beneficio del modo adaptativo radica que ante un cambio en la dinámica de la respiración, ya sea por resistencia o por compliance la presión se modifica para suministrar el volumen corriente necesario. Cuando el ventilador reconoce que el proporcionado coincide con el que se ha programado la respiración estará restringida por la presión y se llevará a cabo de manera ciclada mediante flujo. La transición entre cada

respiración responde a una señal de retroalimentación que se utiliza para regular el nivel en la siguiente respiración (24).

Sin embargo, no debe ser el primer modo al comenzar la ventilación mecánica dado que el patrón puede cambiar lo que puede ocasionar falta de sincronización. Como en situaciones de elevado empuje inspiratorio donde se encuentra una reducción de la presión artificial y un aumento en la aplicada por el paciente resultando en un incremento del esfuerzo respiratorio total. Sugiriendo así que la PRVC se ajuste en individuos que presenten impulsos inhalatorios consistentes (28).

1.5. Complicaciones asociadas a la ventilación mecánica

La respiración artificial puede ser la causa no solo de agravar el daño pulmonar agudo subyacente en pacientes que sufren de Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda SDRA. También mediante diferentes mecanismos provocar la aparición de respuesta inflamatoria sistémica y fallo orgánico múltiple. Además la sobreexpansión de las fuerzas de comienzo y cierre de las partes colapsadas, forman un deterioro y engrosamiento considerable ya sea con o sin una alteración estructural severa (29).

En cuanto a el efecto de diferentes esfuerzos automáticos que afectan a las estructuras pulmonares durante la ventilación artificial. Las intervenciones no deberían centrarse exclusivamente en ajustes técnicos del manejo invasivo para minimizar los daños físicos. Sino también deberían enfocarse en controlar o regular el proceso inflamatorio (29). Así mismo, la lesión del parénquima provocado debido al uso incorrecto puede ocasionar trauma por una presión excesiva o el deterioro por la distensión mecánica del tejido pulmonar utilizado.

Por otro parte, el barotrauma se refiere a una de las lesiones pulmonares más comúnmente relacionadas con la ventilación artificial donde se refiere al daño causado por la presión elevada, lo que puede resultar en la acumulación de aire fuera de los alvéolos, el diagnóstico se realiza a través de estudios radiológicos. Las manifestaciones clínicas incluyen neumotórax, enfisema intersticial pulmonar (EIP), subcutáneo, neumopericardio, embolismo aéreo, quistes pulmonares y de lóbulo inferior izquierdo hiperinflado (30). Así mismo, puede progresar a uno por tensión, lo que representa un riesgo para la vida del paciente. (29)

A su vez, el proceso que lo causa se basa en la sobreexpansión y la ruptura de los alvéolos, debido a un aumento excesivo de presión. Mientras tanto, el gas que se encuentra fuera de los sacos de aire se desplaza siguiendo un gradiente de presión de mayor concentración a uno de menor resistencia. Este hacia el espacio intersticial alrededor de los vasos sanguíneos resultando en enfisema del tejido. Que podría llevar a la separación de las capas o romper la pleura mediastínica causando un neumotórax. Otras circunstancias como la producción excesiva de secreciones y la duración del uso de ventilación mecánica contribuyen a esta complicación. (29) Los parámetros importantes incluyen: Ppl, Vt, PEEP cuidadosamente ajustada (30).

A diferencia del anterior, encontramos volumen alto circulante o sobre distensión que puede dar lugar a un daño pulmonar conocido como volutrauma. La misma fuerza mecánica aplicada sobre un parénquima reducido debido a las variaciones en la capacidad de expansión. Al utilizar presión positiva para ventilar esta tiende a provocar grandes entradas de aire en áreas del pulmón que son más elásticas. El agrandamiento de estas regiones provoca lesión aguda en los alvéolos junto con la aparición de edema que se debe al aumento de permeabilidad de la membrana (29).

Por otra parte, la elasticidad de la caja torácica es crucial para establecer las presiones en los alvéolos. Así, cuando la distensibilidad es limitada como sucede en casos de obesidad el riesgo de tensión excesiva alveolar se reduce. Debido a que la presión transpulmonar es más baja. La utilización de una estrategia de ventilación que priorice la protección pulmonar y que incluya un volumen corriente reducido (6 ml/kg) ayuda a disminuir estos efectos (29).

Además, el atelectrauma es fenómeno ocurre cuando se aplican volúmenes respiratorios bajos y tensiones inadecuadas en la ventilación de personas con SDRA. Siendo la inestabilidad pulmonar la principal causa de esta lesión. Entre las formas de daño en los pulmones tenemos: ruptura de la unidad funcional debido a la generación de fuerzas de rigidez, modificación del surfactante y deterioro al endotelio microvascular. Que ocasiona la fuga de glóbulos rojos hacia los espacios intersticial y alveolar. Teniendo en cuenta la correcta implementación de un nivel apropiado de Presión Positiva al Final de la Espiración PEEP prevendrá ayudando a conservar el reclutamiento al final de la exhalación (29).

En relación con el biotrauma se describe como la expansión excesiva de los pulmones localizada a causa de volúmenes altos. La distensión y colapso de los alvéolos debido a bajo niveles de PEEP puede desencadenar una reacción inflamatoria. Implicando la activación de sustancias mediadoras incluyendo liberación de citoquinas y factor necrosante (31). Estas sustancias químicas aumentan la acumulación de líquido en los tejidos y amplifican el daño causado por el ventilador.

En cuanto a la translocación de estas citocinas al sistema circulatorio provoca una respuesta en otros órganos lo que puede llevar a un fallo multiorgánico (29). Considerando que, al aplicar una técnica de ventilación que utilice volúmenes reducidos y PEEP terapéutico disminuirá la reacción inflamatoria y bajará la incidencia de complicaciones y muertes (31).

La neumonía vinculada al uso de ventiladores se define como las que se presentan posterior a las 48 horas de que un paciente ha sido intubado para recibir asistencia respiratoria. Puesto que, la causa principal de esta es la colocación del tubo orotraqueal, en lugar del propio uso del soporte artificial. Por lo tanto, aquellos que son tratados con interfaces no invasiva tienen una tasa de incidencia notablemente más baja (29).

Sin embargo, los gérmenes relacionados con la neumonía vinculada al uso de ventiladores pueden tener un origen externo, suelen provenir más frecuentemente de la flora del paciente. El mecanismo principal de su aparición es la microaspiración silenciosa de secreciones que provienen de la orofaringe ya colonizada. Estas se desplazan a través de los pliegues que se generan en el sellado de la intubación. La posibilidad de contraer este tipo se relaciona con el tiempo que se utiliza el soporte mecánico, siendo más frecuente en las primeras dos semanas.

Existen diversos factores que predisponen a esta situación los cuales están conectados con la condición subyacente del paciente y con la utilización de dispositivos que afectan las defensas de las vías respiratorias superiores. En concreto se divide en dos categorías: la neumonía precoz que surge en los primeros cuatro días del soporte artificial. Generalmente causada por microorganismos comunitarios que son sensibles a los antibióticos. Y la tardía que se presenta tiempo posterior de la primera a menudo provocada por bacterias nosocomiales que son resistentes (29).

Las lesiones traqueales y laringotraqueales relacionadas con ventilación mecánica son una complicación bastante relevante, que es causada por la intubación endotraqueal prolongada. Estas afectaciones generalmente son de origen iatrogénico y se relacionan con variables como el uso prolongado de tubo endotraqueal, presión excesiva del balón neumotaponador o manipulación traumática de la vía aérea (32).

En lo que respecta a la región laríngea, las complicaciones más comunes son ulceraciones, formación de granulomas, estenosis subglótica y parálisis de las cuerdas vocales, se pueden manifestar después de la extubación con algunos síntomas como disfonía, estridor o disnea (33). Por otro lado, la lesión traqueal hay sobre distensión del balón o cuff genera ulceración y daño en la mucosa traqueal, lo cual puede desarrollarse un estrechamiento. A su vez, la obstrucción parcial altera el flujo ciliar normal, lo que genera una disfunción mucociliar (34).

1.6. Parámetros y ajustes en la ventilación mecánica

Los parámetros de la ventilación mecánica requieren una programación meticulosa con el fin de asegurar que el soporte ventilatorio sea eficaz y adaptado a la fisiología de cada paciente. Por ello, la acertada elección de la modalidad ventilatoria tiene que considerar factores como la edad, el peso y la patología de la persona en asistencia respiratoria. Además, esto debe ir acompañada de una adecuada configuración de alarmas, lo cual es fundamental para prevenir complicaciones y optimizar el intercambio gaseoso. Cabe destacar, algunos ajustes del ventilador son concretos de ciertas modalidades ventilatorias, pero entre los más comunes son volumen corriente, frecuencia respiratoria, presión positiva al final de la espiración (PEEP), el volumen minuto, tiempo inspiratorio y la relación inspiración/espiración. Por último, establecimiento de límites de alarma (35).

PEEP (Presión positiva al final de la espiración)

Desde finales de los años 1930, Barach y sus colaboradores empezaron a estudiar la presión positiva al final de la espiración en ventilación mecánica en animales experimentales con sepsis, edema pulmonar y en algunos pacientes humanos con falla cardiaca (36). Actualmente, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) es un parámetro que se puede ajustar para pacientes que reciben ventilación mecánica

invasiva como también no invasiva. En términos simples, lo que hace es mantener fuerza intrapulmonar en las vías aéreas respiratorias incluso después que el paciente exhala, lo que impide que esa presión llegue a cero. Esta característica demuestra ser útil, sobre todo en casos con pacientes que presentan insuficiencia respiratoria aguda, y se usa frecuentemente en dificultad respiratoria, sin importar que la haya causado.

En general, el intervalo de PEEP que se suele utilizar en los casos clínicos con insuficiencia respiratoria aguda, suele ser de 6 a 15 cm H₂O. Sin embargo, es posible que valores inferiores tengan poco resultado en el intercambio gaseoso y que valores superiores tengan repercusión en el funcionamiento hemodinámico. (29) Uno de los principales usos es aumentar la oxigenación. Según la ley de Henry, la solubilidad de un gas es directamente proporcional a la presión de dicho gas sobre la superficie de la solución. Esto se aplica en la ventilación mecánica, al aumentar la PEEP se incrementa la presión en el sistema. Esto, aumenta la solubilidad del oxígeno y la capacidad de atravesar la membrana alveolo capilar, aumentando así el contenido de oxígeno en sangre (37).

Además, también es utilizado para mejorar la relación ventilación- perfusión. La aplicación del gradiente de presión dentro de la vía aérea puede abrir las vías respiratorias, de otro modo, podrían colapsar. Esto permite disminuir la incidencia de atelectasia, mejorar la ventilación alveolar y mejorar la relación ventilación-perfusión (37). Por otro lado, reduce significativamente el trabajo respiratorio. Esto es importante cuando hay rigidez pulmonar y baja compliance, en individuos con intubación endotraqueal y el trabajo respiratorio puede presentar un gasto energético bastante grande (37).

No obstante, el uso de PEEP puede causar algunas complicaciones. Por esta razón, su aplicación debe de ser cuidadosa por el riesgo de barotrauma y alteraciones hemodinámicas. La aplicación de niveles altos de PEEP, mayores de 15 cm H₂O puede producir una sobredistensión alveolar, con la consiguiente compresión de los capilares, que llevan un incremento de la resistencia al flujo sanguíneo pulmonar. (29)

La fracción inspirada de oxígeno FiO₂ es la concentración de una mezcla de gases. Por ejemplo, el aire ambiente tiene una fracción inspirada de oxígeno (O₂), lo que significa que la concentración en el aire ambiente es del 21%. Con el uso de O₂ suplementario, FIO₂ puede oscilar entre 21% a 100%. En el contexto de ventilación

mecánica se recomienda una de 100% y posteriormente se ajusta según cómo evoluciona el paciente o bien según resultados de gasometría arterial. (GSA) (29)

El objetivo principal es alcanzar una SatO₂ mayor de 90%, esto es equivalente a una presión parcial de oxígeno en sangre de mayor o igual de 60 milímetros de mercurio, pero sin superar una FiO₂ de 60%. En general, no es recomendable mantener una FiO₂ elevada de más del 60% por más de 48 horas, ya que puede provocar atelectasias por absorción e incluso una lesión pulmonar por toxicidad. (29)

Volumen tidal y frecuencia respiratoria los pulmones son órganos capaces de contener y movilizar volúmenes gracias a sus propiedades mecánicas. Durante la fase inspiratoria normal al pulmón ingresa aire en condiciones normales tiene un valor de 6 ml/kg. Se le denomina volumen corriente (VC) o también volumen tidal por su sinónimo. En el caso de pacientes sin patología pulmonar en un ventilador mecánico, se calcula entre 6 a 8 ml/kg de peso ideal. No obstante, este valor suele modificarse dependiendo la fisiología del paciente. (23) Por otra parte, el volumen respiratorio es vital a la hora de programar un ventilador mecánico. El objetivo es administrar un volumen tidal adecuado para mantener una ventilación adecuada, pero que al mismo tiempo sea lo suficientemente objetivo para prevenir un traumatismo pulmonar (38).

En sus inicios, la ventilación mecánica implicaba administrar volúmenes de 10 ml/kg de peso ideal o hasta superiores, con la intención de mejorar la oxigenación, evitar el colapso de la vía aérea y aumentar la capacidad residual funcional. Sin embargo, con el tiempo se comprobó que los volúmenes elevados pueden provocar daño pulmonar por sobreinflado, lo que se conoce como volutrauma. De hecho, en 1974, Webb y Tierney describieron este daño en un estudio con ratas expuestas y altas presiones durante la ventilación. Gracias a los avances y estrategias de protección pulmonar, actualmente se recomienda usar VC más bajos, alrededor de 6 ml/kg de peso corporal ideal, como una medida preventiva (38).

Además, es el aire movilizado en cada respiración, este es un parámetro clave que influye en la ventilación minuto (VM), está relacionada con la frecuencia respiratoria (FR), se ajusta para alcanzar un objetivo de PH y PCO₂ y mantener una VM estable. En condiciones normales, la frecuencia respiratoria es de 12 a 20 respiraciones por minuto

en reposo. Por definición, la ventilación minuta se refiere a la cantidad de aire que entra en los pulmones en el transcurso de un minuto, se obtiene multiplicando FR por VC (39).

2. Intubación endotraqueal y su influencia en la función pulmonar

2.1. Procedimiento de intubación endotraqueal

Existen diversas situaciones en las que la intubación endotraqueal es necesaria para asegurar la respiración y la ventilación adecuada de un paciente. Por ejemplo, se utiliza para ayudar a la persona a respirar, proteger el conducto respiratorio si puede obstruirse por la lengua o músculos débiles. Además, permite evitar que entre comida o líquidos por error. Por lo tanto, la primera maniobra para abrir la vía aérea en adultos y aliviar una obstrucción es extender el cuello; esto ayuda también a facilitar la respiración. (23)

La gravedad del estado del paciente determina la necesidad de intubación, que representa un momento clave en la atención en la unidad de cuidados intensivos. Este procedimiento marca el comienzo de una fase delicada, en la cual la duración del soporte ventilatorio se vuelve un factor determinante para la salud del paciente. Cuánto más prolongada sea la ventilación mecánica, mayor es la probabilidad de desarrollar debilidad muscular, lo que puede llevar a afectar la recuperación (40).

Por lo tanto, el paciente debe estar acostado boca arriba. Se colocan los dedos debajo de la mandíbula, excepto los pulgares que se ponen en la parte del frente, y luego se realiza un triple paso: extender el cuello, empujar la mandíbula hacia arriba con los dedos y abrir la boca presionando con los pulgares. Sin embargo, en niños no se debe hiperextender porque puede empeorar la obstrucción. Otra forma simple de evitar que la lengua bloquee la respiración es usar una cánula de Guedel, que mantiene la lengua en su lugar. La maniobra de hiperextensión nunca debe hacerse si hay sospecha de lesión en el cuello o si el paciente tiene muchas heridas, ya que puede causar más daño. (23)

Además, el tipo y la duración de la intubación puede generar daños directos en la laringe, provocando complicaciones como disfagia y disfonía tras la remoción del tubo. Estas alteraciones afectan funciones básicas como la comunicación y la alimentación, aspectos fundamentales en la rehabilitación integral del paciente. Es fundamental que la técnica de intubación endotraqueal debe ser hecha por un profesional con experiencia

en la técnica. Todo el personal de salud debe tener entrenamiento básico para intentarlo en emergencias. (40)

No obstante, a veces, el procedimiento puede fallar incluso en manos expertas, y si no se logra intubar, es recomendable que otra persona del grupo intente hacerlo. Por lo tanto, antes de comenzar, se debe preparar el equipo necesario: verificar que la fuente de oxígeno está conectado correctamente, tener a la mano un aspirador y sondas de aspiración nuevas, además de comprobar que el laringoscopio tenga un buen funcionamiento, y luz en buen estado, y tener diferentes hojas de laringoscopio en distintos tamaños para escoger la más adecuada al paciente. (23)

Asimismo, es esencial asegurarse de que los monitores de signos vitales, como el electrocardiograma y el oxímetro de pulso, estén en funcionamiento. En algunas ocasiones, para guiar la punta del tubo endotraqueal hacia la glotis, se puede usar una guía metálica flexible, una pinza de Magill o un estilete rígido. Una vez que se ha preparado el equipo necesario, se realiza un lavado exhaustivo de manos. Posteriormente, el profesional encargado debe colocarse guantes estériles, tapabocas y gorro. Con la técnica estéril asegurada, se procede a realizar la intubación. (23)

Para iniciar, y si no hay contraindicación para extender el cuello, se deben alinear los ejes bucal, faríngeo y laríngeo. Esto ayuda a visualizar mejor la glotis y facilita el paso del tubo. Luego, la punta del laringoscopio se introduce por la boca, asegurándose de que la lengua quede debajo de la espátula. La hoja del laringoscopio debe dirigirse hacia el cartílago epiglótico para levantarlo y facilitar la visualización y el acceso a la tráquea, pasando a través de las cuerdas vocales. Posteriormente, después de colocar el tubo, se insufla el balón y se inicia la ventilación con un resucitador manual o el ventilador. (23)

Es importante verificar que el tubo esté en la posición adecuada utilizando varios métodos. Se puede observar directamente durante el procedimiento el paso del tubo a través de la vallecule, sentir el volumen del balón endotraqueal, o notar la presencia condensación en las paredes del tubo. También se puede comprobar la correcta colocación viendo la expansión del tórax durante la respiración, auscultando de manera simétrica ambos pulmones y comprobando que no haya ruidos en la cavidad gástrica. (23) Con ello, se disminuye el riesgo de barotrauma y atelectasias, mejorando la función respiratoria del paciente. La atención en las primeras etapas de la ventilación resulta

fundamental para prevenir complicaciones pulmonares que puedan afectar la recuperación facilitando una mejor preparación para la extubación y reduciendo posibles dificultades en ese proceso (40).

Además, el capnógrafo y la oximetría de pulso ayudan a confirmar la localización. Una vez confirmada, se fija el tubo firmemente a la cara del paciente siguiendo el protocolo establecido. Es imprescindible realizar una radiografía para verificar la ubicación exacta del tubo y poder ajustarlo si es necesario, ya que normalmente la punta debe situarse a nivel de la segunda vértebra dorsal. Movimientos del cuello en flexión o extensión pueden desplazar el tubo hacia atrás o adelante, por lo cual es importante tener en cuenta estos cambios al ajustar la posición. (23)

2.2. Efectos de la intubación sobre la anatomía y fisiología respiratoria

La inserción del tubo en la tráquea es fundamental para el avance actual. No obstante, a pesar de todos los esfuerzos realizados pueden surgir problemas anatómicos y fisiológicos durante este procedimiento (40). La localización está definida por la posición de su extremo en relación con la carina. En donde este debe situarse entre cinco y siete centímetros (cm) por encima cuando el cuello se mantiene en una postura neutral. Si no es visible la punta debe estar ubicada desde la segunda hasta la cuarta vértebra torácica (T2-T4) o al nivel de las partes mediales de las clavículas, dado que se necesitará situar entre T5 y T7 (41).

Esta posición puede cambiar alrededor de 2 cm hacia abajo o arriba debido a la flexión y extensión del cuello respectivamente. Debe encontrarse en un punto intermedio entre la laringe y la carina para prevenir daños a cualquier estructura evitando la extubación accidental o una intubación en los bronquios. La colocación del tubo en el bronquio principal derecho ocurre por su ángulo más inclinado al de la tráquea. Provocando el colapso del pulmón opuesto también expansión excesiva del mismo lado o neumotórax (41).

En cuanto a la esofágica accidental que podría ocurrir debido a una traqueostomía realizada demasiado alta en el arco cricoides o justo debajo (42). También la estenosis traqueal que puede desarrollarse tras el uso extendido de un tubo endotraqueal (TET). Por la falta de estabilidad en la vía aérea por un estoma o lesiones donde se encuentra el globo neumotaponador. Sin embargo, el uso de balones de baja presión ha disminuido

notablemente esta problemática. Es crucial estar al tanto de estas complicaciones y sus orígenes para evitar su desarrollo.

Además el traumatismo traqueal debido a el tubo endotraqueal este puede lesionar la mucosa causando inflamación, edema y en casos severos estenosis (estrechamiento), particularmente en la zona subglótica. En cuanto al manguito su alto volumen tiene un área de superficie extensa en contacto y una tensión baja en la pared de esta misma estructura con baja incidencia de isquemia y necrosis (43). Por otra parte ofrece poca resistencia al inflarlo, por lo que regularmente se sobre infla de forma inadvertida y rebasa la presión de perfusión capilar.

Por otro lado, el manguito es indispensable para evitar fuga del volumen corriente, prevenir la aspiración de secreciones y proteger la vía aérea. Para que realice estas funciones y ejerza suficiente presión sobre la pared traqueal. Este autor menciona que en anestesia general con óxido nitroso, éste puede difundir al interior del manguito por un gradiente de concentración e incrementar su presión (44). Teniendo en cuenta que el aire insuficiente puede ser un factor de riesgo para neumonía asociada a ventilador y la excesiva puede producir lesión de la mucosa.

En cambio, las reacciones reflejas comunes a la estimulación de los receptores en la faringe y la parte superior de las vías respiratorias comprenden el cierre de la glotis, la elevación de la presión arterial, el aumento del ritmo cardíaco y la constricción de los bronquios en respuesta. Estos reflejos pueden alterarse mediante la disminución técnica o mediante la administración de productos que reduzcan las respuestas motoras, tales como anestésicos, vasoactivos y bloqueadores adrenérgicos (45).

Se debe agregar que al evaluar los riesgos y beneficios en general, el uso de anestesia local y sedantes administrados por vía parenteral puede ser preferible. La intubación también implica efectos que incluyen la disminución del diámetro de las vías respiratorias, alteraciones en la mecánica respiratoria y la producción de un flujo de aire turbulento en el tubo endotraqueal (45). Asimismo, es esencial conocer la ventilación perfusión (V/Q) y su interrelación para obtener una comprensión clara de la fisiología respiratoria. La relación entre V/Q se ve alterada por la anestesia, la posición del cuerpo y la anestesia en un solo pulmón.

También la vasoconstricción pulmonar debida a la falta de oxígeno es un mecanismo de seguridad clave impedida por la mayoría de los agentes anestésicos. La descoordinación provoca una disminución de la concentración O₂ en sangre principalmente a causa del cierre anticipado de las vías respiratorias, lo que resulta en una menor ventilación y atelectasia durante la anestesia. Diferentes fármacos narcóticos afectan el control neuronal de la respiración y el tono de los bronquios (46).

2.3. Complicaciones post-intubación inmediatas y a largo plazo

Disfagia y problemas de deglución

Dentro de las complicaciones asociadas a la intubación endotraqueal, la disfagia post-intubación representa una condición relevante, aunque con frecuencia subdiagnosticada. Se entiende por disfagia la alteración de la función deglutoria que compromete el paso de líquidos y alimentos desde la boca hasta el tracto gastrointestinal. Si bien tradicionalmente su incidencia en pacientes críticos era incierta, datos recientes provenientes de estudios estiman una prevalencia del 18,3% en ingresos de urgencia a UCI, y alrededor del 5% en postoperatorios electivos (46).

Por otro lado, diversos factores contribuyen al desarrollo de esta alteración. Entre los más reconocidos se encuentra la edad avanzada, enfermedades neurológicas previas, sepsis, reflujo gastroesofágico, traqueostomía y la presencia de comorbilidades como insuficiencia cardiaca, enfermedad renal crónica o diabetes mellitus. Cabe destacar que la duración de la ventilación mecánica se ha identificado como factor de riesgo independiente: cada día adicional bajo asistencia ventilatoria puede aumentar en un 20% la probabilidad de desarrollar trastorno deglutorio post-intubación (47), (48).

En relación con su impacto clínico, se asocia a complicaciones importantes. Entre ellas se incluyen la aspiración de contenido orofaríngeo, el desarrollo de neumonía, la necesidad de reintubación, y una mayor prolongación de la estancia hospitalaria: individuos con alteración de la deglución han demostrado tasas de mortalidad o significativamente superiores tanto a los 180 días (16%) como al año (25%), en comparación con quienes no desarrollaron esta complicación (46).

En cuanto a las causas fisiopatológicas, se han identificado al menos seis mecanismos principales. Estos incluyen el traumatismo laríngeo causado por la

intubación, la debilidad neuromuscular adquirida durante la estancia en UCI, la asincronía entre la respiración y la deglución, y el reflujo gastroesofágico durante la alimentación enteral continua (46). Estas disfunciones, combinadas con una reserva funcional limitada por la enfermedad crítica favorecen a la aparición del trastorno.

Debilidad muscular respiratoria

Entre las complicaciones menos visibles de la ventilación mecánica, la debilidad muscular respiratoria suele pasar desapercibida, a pesar de su impacto clínico. En especial, el diafragma tiende a deteriorarse cuando la asistencia ventilatoria se extiende más de lo necesario. Esto implica el proceso de destete, que en muchos casos puede durar tanto como el soporte mismo. De hecho, se estima que hasta el 40% del tiempo total de un paciente pasa conectado al ventilador se invierte en retirarlo progresivamente. Y aún más, alrededor del 15% en los que necesitan ventilación prolongada, lo que implica estancias mayores a los diez días (49). La evaluación clínica diaria, junto con el seguimiento funcional del esfuerzo respiratorio, parece una de las pocas estrategias capaces de reducir el daño que deja la inmovilidad muscular durante el soporte.

Al observar el tipo de soporte ventilatorio que reciben los pacientes en la unidad de cuidados intensivos, salta a la vista que muchos siguen bajo modalidades controladas durante más tiempo del deseado. Aunque el modo asistido-controlado es el más usado, su aplicación prolongada podría ser contraproducente. Varios estudios muestran que cuando este tipo de ventilación se mantiene por más de 48 horas, la actividad del diafragma disminuye en forma significativa, y en poco tiempo puede aparecer atrofia muscular. En modelos animales se ha documentado este deterioro en menos de 24 horas, y en humanos incluso antes de las 18-69 horas (49). Lo más llamativo es que estos cambios no solo afectan la función respiratoria, sino que la dificulta seriamente el proceso de retiro del ventilador. Por eso, aunque se cuente con tecnología de soporte, cada día extra bajo ventilación pasiva representa un riesgo para la musculatura respiratoria que, en muchos casos, no se logra recuperar por completo.

Entre los factores menos visibilizados la debilidad muscular respiratoria, en pacientes mayores, por ejemplo, hay un desgaste progresivo que termina afectando también el diafragma, incluso si su función se conserva por más tiempo que otros músculos. Es algo que no siempre se toma en cuenta cuando se planea retirar la ventilación. Además, en

estos mismos pacientes, la pérdida de masa muscular suele agravarse por un estado nutricional deteriorado, que no es raro durante una enfermedad crítica. El cuerpo entra en un estado catabólico que termina de consumir reservas que ya estaban comprometidas (49). En combinación, la edad y la desnutrición debilitan la musculatura respiratoria y dificultan la transición hacia una respiración espontánea. Son condiciones que, aunque a veces parecen secundarias frente a una patología principal, modifican por completo la respuesta del paciente.

Retraso en la eliminación de secreciones

Normalmente, se encuentran dos condiciones fisiopatológicas que alteran los sistemas de defensa naturales en las vías respiratorias: 1) inflamaciones y 2) infecciones (50). De manera similar, situaciones clínicas que pueden comprometer gravemente los mecanismos de defensa naturales, como en el caso de la intubación orotraqueal y el uso de ventilación mecánica (51). La gestión ineficaz de las secreciones en el sistema respiratorio favorece la aparición de diversas complicaciones, entre las que se incluyen: tapón por moco, atelectasias debidas a obstrucción y el surgimiento de daño en los pulmones. Por esta razón, se recomienda implementar estrategias que faciliten la limpieza de las vías respiratorias.

Por lo que, la administración de solución salina al 0.9% en las vías respiratorias es parte del tratamiento habitual para las secreciones traqueobronquiales en las unidades de cuidados intensivos (52). Esta práctica parece haber precedido la invención de dispositivos que producen humedad. Inicialmente, el objetivo de usar solución era facilitar el paso del catéter de succión a través de la cánula orotraqueal. Sin embargo, en la clínica tradicional, se menciona con frecuencia que la razón para utilizarlo en las vías respiratorias se basa en: movilizar y fluidificar las secreciones traqueobronquiales e incrementar el estímulo para toser. Pese a esto, puede que no aporte ventajas y en realidad resulte dañino (52).

Con respecto a los músculos responsables de la inhalación en pacientes en estado crítico no pueden llevar a cabo una respiración profunda que preceda a la tos, mientras que los músculos que funcionan en la exhalación no tienen la potencia suficiente para generar una expulsión rápida de aire que ayude a eliminar las secreciones y apoye el esfuerzo de estos músculos que están debilitados. Para ello existen técnicas asistidas:

fisioterapia torácica (percusión, drenaje postural, vibración) y tos asistida manual. Sin apoyo: técnica espiratoria forzada, drenaje autógeno y entrenamiento muscular respiratorio. Dispositivos mecánicos: Presión Espiratoria Positiva (PEP), dispositivos oscilatorios (flutter, percusión intrapulmonar, oscilación de alta frecuencia de la pared torácica), insuflación exuflación mecánica y estimulación eléctrica de los músculos respiratorios.

En cuanto a los pacientes con intubación, el cambio de posición y la movilización del individuo son esenciales para facilitar la eliminación de las secreciones bronquiales, mejorar la oxigenación y optimizar la relación V/Q. Respecto a la disposición, la mayor desinflación del pulmón en posición supina y un incremento en la ventilación aseguran que los flujos espiratorios sean ideales para la limpieza de las vías aéreas medias y distales, constituyendo una intervención muy útil para el fisioterapeuta (53). Siendo esto ventajoso, para mover y eliminar las mucosidades acumuladas en las vías respiratorias inferiores, mejorando de este modo la ventilación y la oxigenación en general.

3. Rehabilitación pulmonar post-intubación

3.1. Concepto y objetivos de la rehabilitación pulmonar

La rehabilitación pulmonar es un programa integral que proporciona atención especializada a individuos con afecciones pulmonares, así como a sus seres queridos. Este proceso, es llevado a cabo por un conjunto diverso de profesionales, busca optimizar el bienestar personal en entornos sociales, promoviendo mejoras en la calidad de vida mediante intervenciones personalizadas y sostenidas. Este enfoque multidimensional busca no solo tratar la enfermedad en sí, sino apoyar social, emocional y principalmente funcionalmente a los individuos. También, su carácter interdisciplinario requiere la colaboración de especialistas en medicina, fisioterapia, psicología, entre otros, para ofrecer una atención integral y personalizada. La meta principal es que los pacientes puedan realizar sus actividades diarias con mayor autonomía y bienestar.

Por otro lado, los principales candidatos a la rehabilitación generalmente son pacientes que padecen enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Sin embargo, también existen otras condiciones en las que la terapia es fundamental, como en afecciones pulmonares restrictivas, ya sea por alteraciones mecánicas o estructurales,

enfermedades neuromusculares que afectan la musculatura respiratoria, y quienes tienen dificultad para dejar los ventiladores mecánicos, individuos sometidos a cirugías como resecciones o trasplantes, y afección crónica que produzcan exceso de secreciones, como la fibrosis quística. Aunque sus causas difieren, todas estas patologías comparten un problema común: insuficiencia respiratoria.

Por ello, es importante destacar que el diagnóstico preciso es fundamental para poder diseñar un programa adecuado para cada persona. Esta evaluación combina datos que incluye el historial clínico, exploración física exhaustiva, estudios radiológicos, pruebas de gases en sangre, evaluación de la función pulmonar y otros estudios específicos según las necesidades. Todo esto ayuda a identificar y entender exactamente qué está fallando y qué se puede mejorar.

Además, es crucial realizar un diagnóstico fisioterapéutico centrado tanto en la funcionalidad y en el movimiento del paciente. Incluye evaluar la fuerza en la musculatura, la movilidad articular, la mecánica de la tos y la integridad neurológica. Por ejemplo, en un paciente con enfisema, este análisis puede revelar e identificar disfunción del diafragma por hiperinsuflación, debilidad abdominal que afecta la tos, acumulación de secreciones, pérdida de masa muscular y nivel bajo de condición física. La información obtenida permite adaptar el plan de rehabilitación a las necesidades específicas, logrando así un tratamiento más efectivo y personalizado.

De hecho, aunque tradicionalmente la rehabilitación se asocia con la recuperación, en realidad también incluye medidas preventivas. La prevención primaria busca promover estilos de vida más saludables y evitar la aparición de enfermedades respiratorias en personas sanas. La secundaria se centra en la detección temprana a quienes tienen un alto riesgo de desarrollar patologías crónicas, mediante pruebas funcionales y evaluaciones. La acción preventiva terciaria, en cambio, se dirige a pacientes con enfermedades pulmonares avanzadas, con el fin de retrasar o detener la progresión y reducir las discapacidades.

Por lo tanto, los objetivos de la rehabilitación pulmonar se enfocan en un proceso constante que van más allá del tratamiento de la afección y la recuperación integral del paciente, que le permita volver a realizar sus actividades cotidianas. Se busca mejorar la

función respiratoria y reducir los síntomas y molestias. Además se procura la educación tanto del individuo como su entorno para acatar indicaciones y alcanzar sus metas (23).

3.2 Importancia de la rehabilitación en el proceso post-intubación

Iniciar la rehabilitación tras el proceso de la extubación constituye, en la práctica, un paso fundamental para optimizar la recuperación funcional y prevenir complicaciones respiratorias. Se observa que, cuando se implementa el entrenamiento muscular respiratorio en los primeros días posteriores a la retirada del tubo endotraqueal, la fuerza diafragmática y la capacidad ventilatoria muestran mejoras notables, señalan estudios recientes que respaldan su efectividad (54).

En pacientes que reciben, además movilización temprana y fisioterapia torácica, la transición hacia una respiración autónoma resulta más seguro y con menos riesgo de fracaso de extubación (55). También es relevante destacar que la rehabilitación adecuada incluye en la reanudación de alimentación oral, lo cual es clave para evitar problemas de aspiración y neumonía, factores que complican el cuadro clínico (56).

Por otro lado, se reconoce que la rehabilitación no solo busca recuperar parámetros pulmonares, sino que persigue restaurar la funcionalidad general para que pueda retomar progresivamente sus actividades diarias con una mejor calidad de vida. Por esta razón, se debe individualizar y ajustar a las características de cada individuo para una atención más eficiente (54). Así, la rehabilitación post extubación no es un simple protocolo, sino una etapa esencial que influye directamente en el perspectiva y bienestar a largo plazo del paciente.

Es fundamental subrayar que la rehabilitación post-extubación no debe entenderse únicamente como un conjunto de técnicas respiratorias, sino como un componente estratégico en la prevención de riesgos mayores. Cuando este proceso se lleva a cabo de forma planificada en el ámbito hospitalario, favorece una disminución de reingresos a ventilación mecánica y acorta la duración de la estancia en cuidados críticos, lo que influye en la evolución clínica. Este enfoque evidencia que no basta con favorecer la mejoría inmediata, sino que se busca garantizar una recuperación sostenida, con menor probabilidad de recaídas y evitando la necesidad de intervenciones invasivas en el futuro.

3.3 Evaluación de la función pulmonar post-intubación

Las pruebas de la función pulmonar han sido reconocidas y aplicadas con frecuencia en el manejo de afecciones respiratorias. Se resalta su importancia clínica, estas evaluaciones pueden ofrecer una primera aproximación al pronóstico siendo empleadas para seguir la evolución de la enfermedad así como la efectividad del tratamiento. La Capacidad Vital Forzada (CVF) es la medición continua más útil, pero se necesita más información para analizar la puntuación combinada y el intercambio de gases durante la actividad física (57).

A su vez, el uso de estas evaluaciones es beneficioso para identificar de manera precoz afecciones en los pulmones como del sistema cardiorespiratorio. Además, ayudan en el diagnóstico diferenciado de individuos que presentan dificultad para respirar, la valoración de pacientes previo a cirugías; la identificación anticipada de insuficiencia respiratoria y el seguimiento del tratamiento en unidades de cuidados críticos. Por ello la espirometría constituye una de las evaluaciones más accesibles y efectivas para analizar el desempeño pulmonar. Evalúa la cantidad de aire expulsado en instantes determinados durante una exhalación forzada total, que es precedida por una inhalación profunda (57).

Con respecto, al gráfico resultante de la medición refleja los volúmenes que se mueven de forma intencional (VT, VRI, VRE), que son fundamentales para establecer la Capacidad Vital. Es relevante señalar que durante el procedimiento, se lleva a cabo una exhalación forzada comenzando desde un nivel de inspiración máximo. Esto demanda una total comprensión del proceso por parte del paciente, ya que la porción inicial de la curva depende del esfuerzo de los músculos utilizados para exhalar. Al final, se genera una curva en la que se evalúa la (CVF) en el eje vertical o de volumen.

Al mismo tiempo, los indicadores más importantes son la CVF y el Volumen Espiratorio Forzado durante el primer segundo (VEF1). Varios expertos evalúan la misma prueba pero en otro transcurso, que resulta valioso para identificar obstrucciones leves en las vías respiratorias periféricas. Se destacan parámetros de flujo como fundamentales: El (FEF 0-25%). Representa la tasa de la entrada de aire en el primer cuarto y se basa totalmente del esfuerzo realizado. El 25-75% o Medio. Refleja la mitad del espacio relacionado con la rapidez con la que pasa en las vías respiratorias

periféricas. El 75 a 85% indica el caudal volumétrico terminal de la parte que no depende del esfuerzo.

También se menciona que una función adicional de esta prueba es evaluar cómo responde el cuerpo a los broncodilatadores administrados. Un aumento en los niveles iniciales tras recibir el medicamento podría estar vinculado a una reducción en la Capacidad Funcional Residual (CFR) provocada por el fármaco. En casos como el asma bronquial, la verificación del diagnóstico se lleva a cabo mediante evaluaciones de la función pulmonar. Especialmente usando la espirometría que facilita el establecimiento del grado de oclusión, la posibilidad de reversión y la fluctuación.

Es decir, que la reversión hace alusión a la mejora observable en el VEF1 o en el flujo máximo de aire exhalado (PFE) que se registra tras la colocación de un broncodilatador de efecto rápido. Cuando esta mejora se mantiene durante días o semanas tras iniciar un tratamiento controlador eficaz con corticosteroides inhalados. El nivel que se considera para establecer el diagnóstico aceptado es de al menos un 12 % o 200 ml en comparación con el valor medido antes del uso.

No obstante, las pautas más actuales de interpretación ERS/ATS sugieren que una respuesta notable a un broncodilatador se establece como un incremento en FEV1 o FVC de al menos el diez por ciento de los valores esperados correspondientes (58). La ausencia de reacción en la espirometría tras la administración de estos medicamentos no indica necesariamente la falta de respuesta clínica por un cambio considerable. Sin embargo, el retorno a niveles normales sugiere que la EPOC es menos probable (59). Esto es diferente en comparación con el asma, ya que una buena respuesta a la prueba puede resultar en una normal (60).

Sin embargo, el individuo debe dejar de usar los broncodilatadores antes de realizar el examen de reversibilidad. El tiempo necesario para interrumpir su uso cambia dependiendo del tipo de inhalador ya sea de acción corta o prolongada. Los beta-agonistas de efecto rápido como el albuterol, deben retirarse al menos de cuatro a seis horas previo a la espirometría. Sin embargo, los de larga duración como el tiotropio, deben cesar de manera anticipada entre 36 y 48 horas antes del procedimiento espirométrico. Este proceso abarca la evaluación de bucles de flujo y volumen.

Además, estas gráficas son herramientas útiles para identificar oclusiones en el paso del aire. Cada bucle incluye una parte de inhalación y otra de exhalación. Estos sirven para analizar la obstrucción en las VA superiores. Tanto de naturaleza variante como la parálisis de las cuerdas vocales como permanentes la estenosis de la tráquea. Y su posición dentro o fuera de la cavidad torácica. Si la meseta ocurre en la parte inspiratoria esto indica una oclusión cambiante y extratorácica. En cambio si se observa solo en la parte espiratoria el atoramiento es intratorácica e inestable. Cuando ambas partes presentan plateau significa que el atoramiento es inmovil como sucede en el caso del estrechamiento subglótico (61).

Por otro lado, aunque los métodos funcionales tradicionales como la espirometría simple y la curva de flujo y volumen brindan información valiosa sobre la salud pulmonar. No son eficaces para medir el Volumen Residual VR y CFR. Por lo tanto, es fundamental recurrir a diferentes tipos de análisis para obtener una determinación precisa de estos dos factores. Asimismo, para obtener a través de la espirometría es necesario utilizarla junto con pletismografía, dilución de gases, lavado de gases o radiografías para estimar. Los cuales son esenciales para el diagnóstico, especialmente en condiciones de aspecto obstructivo que eleva ambos indicadores siendo este crucial para el tratamiento médico y fisioterapéutico.

Entre otras pruebas de función pulmonar tenemos la medición de la CFR y VR mediante la técnica de dilución gaseosa con helio. Su fundamento teórico es bastante simple. En una cámara hermética al estar llena de un gas, la cantidad presente a una temperatura constante es igual a multiplicar la concentración por su volumen. Para determinar los litros de reserva funcional pulmonar la prueba se inicia al permitir que el paciente inhale una mezcla a una concentración específica desde un dispositivo de espirometría a través de un conducto conectado a su boca (62). Durante el proceso la proporción se equipara con la parte presente en los pulmones, y el experimento termina cuando la variación en las concentraciones se reduce a menos del 0.02 por ciento (63).

En este punto, es claro que calcular el contenido del vapor en el contenedor es sencillo si se conoce tanto la densidad como la magnitud que llena el espacio. En este caso, si se enlaza en serie el recipiente (A) con otro diferente (B), la suma que hay en A será equivalente a la mencionada previamente ($C \times V$) siempre que la conexión entre

ellos esté libre. Al desbloquear la válvula situada entre ambos compartimientos, se permitirá el flujo de A a B, debido a la naturaleza física de los gases.

La FRC se determina considerando que la cantidad de gas helio al comienzo del experimento será idéntica a la porción al finalizar, de acuerdo con la ley de conservación de la masa (64). La fórmula empleada para calcular en el proceso indica que del vapor corresponde al volumen conocido del utilizado, multiplicado por la diferencia entre la fracción inicial y la final al concluir la prueba. Este valor se divide posteriormente por la diferencia de terminación de la prueba o como se indica en esta fórmula: $FRC = V1(FHe1-FHe2) / FHe2.5$ Las técnicas de dilución de He y nitrógeno son capaces de evaluar volúmenes pulmonares reducidos o la capacidad total en individuos que presentan obstrucción del paso de aire. Esto ocurre porque ambos procedimientos son incapaces de cuantificar áreas que están poco ventiladas.

Evaluación de la CFR a través de la técnica de lavado con nitrógeno durante la fase de exhalación se libera una mezcla de gases que incluye oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂). Si la persona inhala aire del entorno, se sabe que la proporción de N₂ es del 79%; esta proporción se designa como N₁ para los propósitos de la medición. La cantidad final se puede determinar usando un medidor rápido instalado en la salida espiratoria de un sistema para captar gases, que podría ser una bolsa de Douglas o un espirómetro. Es esencial contar con una válvula que permita capturar el O₂ ambiental durante la fase de inspiración y en la espiratoria active el sistema de recolección, cerrando la línea de entrada del volumen corriente.

La evaluación comienza con la obstrucción de las fosas nasales de la paciente seguida de respiraciones normales durante un minuto. A continuación, se proporciona oxígeno puro al individuo al final de la exhalación. La duración de esta evaluación es de aproximadamente siete minutos ya que se estima que ese es el tiempo necesario para completar el lavado de nitrógeno en los pulmones. La prueba se detiene una vez que la concentración de N₂ desciende por debajo del 1,5%. La evaluación es considerada un procedimiento más sencillo y accesible para aquellos que podrían presentar dificultades con la pletismografía (62).

La pletismografía corporal es un método que facilita la evaluación de la CFR y la resistencia en las vías respiratorias (Raw). Este sistema incluye un compartimento

sellado donde el individuo se sienta dos manómetros para medir las presiones un dispositivo de flujo conectado a un medidor de flujo neumotacógrafo a través del cual respira el sujeto, y una válvula eléctrica que se activa y cierra durante la medición. Se puede determinar la resistencia de las VA utilizando los datos recolectados por la misma. En el transcurso de los ejercicios de inhalaciones la dilatación y la compresión de la pared del tórax generan variaciones en la presión dentro de la cavidad y un sensor ubicado en el interior de la cavidad registra estas (62).

Esta evaluación se fundamenta en la Ley de Ohm, que indica que la resistencia es igual a la variación de presión entre ambos extremos del conducto ($P_1 - P_2$) dividida por la velocidad que pasa por este. P_1 representa la presión en el extremo más cercano que es igual a la presión atmosférica, mientras que P_2 es la presión en el extremo más alejado, la cual se puede calcular fácilmente utilizando la Ley de Boyle y se registra directamente con el neumotacógrafo. La pletismografía es considerada el método más confiable y preciso para cuantificar los volúmenes de los pulmones. Si se aplica este método a individuos que padecen enfermedad pulmonar obstructiva, la capacidad pulmonar total podría resultar sobreestimada (65).

En la actualidad, la evaluación del flujo máximo se emplea de manera generalizada para identificar rápidamente la obstrucción en pacientes. Este tipo de medición es sumamente útil, ya que los datos recolectados permiten medir la reducción en las velocidades, facilitando así la clasificación del nivel de gravedad de un episodio asmático. Asimismo, la necesidad de llevar a cabo una prueba de función pulmonar integral en medio de una crisis, lo cual puede resultar complicado.

La observación del flujo espiratorio máximo puede ser de gran ayuda para aquellos pacientes que tienen dificultades para identificar los síntomas del asma o los elementos que pueden empeorar su condición (64). Además, se sugiere el uso de un medidor de flujo máximo para determinar la severidad y evaluar la efectividad del tratamiento durante episodios agudos en adolescentes y adultos (66). Para el control en el hogar y para analizar casos relacionados con el trabajo. Dado el esfuerzo y la complejidad técnica requeridas los profesionales de la salud rara vez estas mediciones sirven para evaluar la gravedad en niños menores de 12 años (67).

Además, un factor crucial en la evaluación del pico de flujo es que con una correcta instrucción al paciente y a su familia. Se puede monitorear el progreso del proceso desde su comienzo hasta que se interrumpe en casa o hasta que los resultados obtenidos muestran que es necesario acudir a emergencias. El dispositivo utilizado para esta medición es simple y accesible. El individuo expulsa el aire desde su máxima capacidad inhalatoria a través de un extremo que contiene la boquilla, y el medidor se mueve a lo largo de una escala que permite identificar el valor máximo.

El especialista en salud debe supervisar el método del paciente durante la enseñanza en la consulta y prestar asistencia con las modificaciones que se requieran. Asimismo, necesita evaluar las citas de seguimiento que ocurran después. Los niveles de flujo máximo en cada individuo suelen caer con el paso del tiempo posiblemente a causa de la disminución de destreza y esfuerzo (68). El resultado conseguido se contrasta con el previsto, lo que facilita la categorización de la crisis a través de un método conocido sistema de semáforo.

Cuando el valor del flujo máximo se encuentra en el área verde, la función respiratoria es adecuada del 80 % al 100 % del valor personal del paciente. Si se localiza en amarilla, se presenta una alerta y el paciente debe comenzar su tratamiento con inhalaciones o nebulizaciones entre el 50 % y el 80 %. En caso de que esté en rojo debe dirigirse de inmediato a consultar un médico (23). Por debajo del 50%. Es necesario comenzar el tratamiento con broncodilatadores de forma urgente y comunicar si los niveles no se normalizan de inmediato. Las lecturas en este rango sugieren que podría haber un bloqueo significativo de las vías respiratorias y que son situaciones de emergencia. Se pueden encontrar valores normales según la altura y el peso. Normalmente, por debajo de 200 l/min señala una obstrucción severa en la mayoría de los adultos que tienen menos de 65 años (69).

3.4. Estrategias de rehabilitación pulmonar

Ejercicio físico y fisioterapia respiratoria

La actividad física en fisioterapia respiratoria resulta crucial para mejorar la función pulmonar en pacientes con afecciones crónicas. Los ejercicios fortalecen los músculos responsables de la respiración, incrementando la resistencia y facilitando una mejor

ventilación. Además, la práctica regular ayuda a reducir la fatiga respiratoria, permitiendo realizar actividades cotidianas con mayor comodidad. La flexibilidad del tórax también se ve beneficiada, ya que los movimientos específicos incrementan el volumen de expansión. En consecuencia, la calidad de vida de los pacientes mejora significativamente, minimizando complicaciones relacionadas con su enfermedad (8).

Asimismo, los ejercicios de fisioterapia respiratoria son fundamentales para expectorar secreciones en las vías aéreas. Al proceder con drenajes bronquiales, se favorece el despeje de moco, previniendo infecciones y complicaciones en pacientes con fibrosis quística o bronquiectasias. Estas intervenciones también ayudan a mantener los pulmones limpios, promoviendo una respiración más eficiente. La movilización de secreciones contribuye a reducir la sensación de ahogo y mejora la oxigenación sanguínea. Además, estos procedimientos pueden adaptarse a diferentes niveles de gravedad, proporcionando tratamiento personalizado que optimiza la recuperación (8).

Por lo tanto, los pacientes ingresados en la UCI son más propensos a desarrollar problemas en los pulmones. En enfermedades obstructivas como la EPOC, la fisioterapia respiratoria ayuda a controlar síntomas y a disminuir las complicaciones. También, estas prácticas ayudan a equilibrar la relación entre ventilación y perfusión, optimizando la oxigenación en tejidos. La enseñanza de ejercicios respiratorios a pacientes permite que manejen mejor sus síntomas y prevengan crisis agudas. La rehabilitación pulmonar, complementada con ejercicios físicos, contribuye a mantener la movilidad y la independencia (12).

De modo que, en condiciones restrictivas como en el caso de neumonía, bronconeumonía y trastornos neuromusculares, la fisioterapia respiratoria mejora la recuperación y es efectiva. La movilización temprana también previene complicaciones como atelectasias o neumotórax. Además, en pacientes con alteraciones estructurales, la fisioterapia contribuye a mantener la función pulmonar y mejorar calidad de vida (11).

Técnicas de respiración y entrenamiento respiratorio

En lo que respecta a las técnicas y entrenamiento respiratorio es fundamental que antes de comenzar cualquier tratamiento, se tenga claro el diagnóstico médico, que indica qué enfermedad tiene el paciente. Además, se necesita un estado fisioterapéutico, que evalúe cómo funciona el sistema respiratorio específicamente en ese individuo,

identificando las limitaciones y necesidades principales. También, deben revisarse los resultados de las pruebas de función pulmonar, que mide cuánto aire puede inhalar o exhalar, y cómo responde a medicamentos como los broncodilatadores, para entender la gravedad y planear el cuidado adecuado.

Por consiguiente, es importante realizar un análisis radiológico que muestre la estructura interna de los pulmones y detecte los daños o patologías que puedan influir en la terapia. Además, se debe contar con pruebas como GSA y oximetría de pulso, que ayuden a confirmar el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, el electrocardiograma y la situación hemodinámica. Asimismo, se evalúa la disnea, para entender qué tanto se ve afectada la calidad de vida del paciente y ajustar las técnicas en relación con los resultados.

Además, es necesario valorar el estado físico del paciente, para determinar su resistencia y fuerza muscular. Por ello, es crucial que el sujeto comprenda la importancia de la terapia y aprenda cómo realizar los ejercicios correctamente. Es importante que exista un compromiso del equipo de salud como del individuo para mantener el programa en marcha, garantizando recursos y apoyo continuo. Ahora bien, es esencial que, independientemente del tipo de enfermedad o condición que afecte al individuo, este aprenda a respirar de forma correcta para maximizar los beneficios del proceso de rehabilitación. La técnica de labios fruncidos al ser un ejercicio inicial de reentrenamiento del diafragma ayuda a reforzar las vías respiratorias y permite la salida del aire.

El ejercicio inicial se realiza en posición de pie, ya que esta postura ayuda a que los músculos respiratorios trabajen mejor gracias a la gravedad, facilitando el movimiento. La inspiración debe llevarse a cabo a través de la nariz, para estabilizar las vías y garantizar que llegue con las características adecuadas; durante esta fase, el abdomen debe protruir hacia afuera, indicando una respiración profunda y correcta. En la espiración, el abdomen debe retraerse, pero esto ocurre por el retroceso natural del pulmón, no por esfuerzo muscular, salvo en casos con pérdida de elasticidad, como en enfisema, donde se deben usar los abdominales para ayudar.

Además, se recomienda realizar este ejercicio unas diez veces, con un período de descanso antes de repetirlo, para evitar fatiga. Si aparecen signos de hiperventilación o mareo, se debe detener y reducir la frecuencia de repetición. El segundo es similar, pero

en posición sentada, ya que esta postura favorece el movimiento por la gravedad, aunque puede haber dificultades mecánicas por la flexión de cadera, que en realidad también sirven como un primer esfuerzo para fortalecer los músculos respiratorios.

Posteriormente, se vuelve a realizar en decúbito supino, en donde la gravedad ya no ayuda y aumenta la carga sobre el abdomen, lo que favorece el trabajo muscular. Finalmente, estos ejercicios pueden complementarse con actividades como caminar, También, rodear el tórax con una tela o colocar peso sobre él son métodos para incrementar la resistencia y mejorar la fuerza muscular, logrando que sea más efectiva y controlada en individuos con dificultades pulmonares (23).

Al mismo tiempo, el entrenamiento de los miembros superiores resulta fundamental, en los pacientes que experimentan disnea. Estas actividades, como cepillarse el cabello o alcanzar objetos, requieren la participación de músculos del torso, cuello y cintura escapular. Además, durante la realización de estas tareas, la contribución de los músculos accesorios de la respiración es menor, ya que su función principal no está dirigida a facilitar la respiración en ese momento. Para mejorar la fuerza y la resistencia en esta región, se emplea un ergómetro de brazos, una bicicleta estática especializada que utiliza las manos en lugar de las piernas para pedalear. También, es posible incorporar pesas o bandas elásticas para complementar la rutina, adaptándose a las capacidades de cada individuo.

Es por ello que, los ejercicios de fuerza y resistencia se pueden llevar a cabo mediante diferentes métodos, incluyendo levantamiento de pesas con objetos improvisados o convencionales. Por ejemplo, el uso de mancuernas o pesas de 1 a 2 libras permite realizar ejercicios de fortalecimiento progresivo en miembros superiores e inferiores. Es recomendable aumentar gradualmente la carga semanal en un 5-10%, de modo que el paciente pueda adaptarse sin experimentar fatiga excesiva. Este proceso de progresión es esencial para evitar lesiones y promover mejoras sostenidas en la fuerza muscular. La constancia en la rutina, sumada a un incremento controlado de la carga, contribuye significativamente a la recuperación y al fortalecimiento general del sistema musculoesquelético.

Además, con el fin de ampliar y fortalecer la rutina con bandas elásticas, es posible llevar a cabo una variedad de ejercicios especializados. Por ejemplo, sentado en una

silla, el paciente puede sujetar los extremos de la banda con ambas manos, inhalar por la nariz y exhalar por la boca. Este movimiento debe repetirse diez veces por cada brazo, promoviendo la movilidad y fuerza en los hombros. Asimismo, en otra variante, sentado en una silla, con las mismas condiciones de agarre, se realiza un movimiento similar, pero con énfasis en la extensión de los brazos. Además, en posición de pie sobre una superficie estable, se puede colocar un pie ligeramente delante del otro, pisando la banda elástica y sujetándola a la altura de la cadera. Al inhalar, se eleva lentamente las manos hasta la altura de los hombros, repitiendo diez veces con cada pierna, fortaleciendo la coordinación y la estabilidad del tren inferior y superior.

Por otra parte, en lo que respecta al entrenamiento de las extremidades inferiores, el empleo de la bicicleta fija y la banda elástica sin fin se muestran como métodos eficaces para mejorar la condición física. Inicialmente, el ejercicio debe ser progresivo, comenzando sin carga y manteniendo signos vitales, oxigenación, disnea y fatiga en niveles estables. La duración total puede llegar a los 30 minutos, distribuidos en sesiones que incluyen un período de calentamiento de cinco minutos sin carga y un enfriamiento similar al final. A medida que el paciente va adaptándose, se puede incrementar lentamente la intensidad del ejercicio, siempre controlando que las reacciones fisiológicas permanezcan dentro de límites seguros (70).

Ahora bien, las enfermedades obstructivas, como la EPOC, se definen por un aumento anormal en la resistencia de las vías respiratorias durante la espiración, lo que dificulta la salida del aire de los pulmones. Debido a esta obstrucción, los pacientes tienen que hacer un esfuerzo mayor para respirar, lo que puede causar fatiga y disnea. Por ello, se emplean técnicas específicas que ayudan a disminuir esa resistencia y mejorar la función pulmonar. Existen nueve variantes de ejercicios respiratorios no específicos que se usan en individuos con EPOC durante la rehabilitación (23).

De modo que, se tiene como primer ejercicio el movimiento del cuello; donde el paciente se sienta derecho en una silla con la espalda apoyada y los pies en el suelo. Manteniendo la cabeza en una posición neutral. Mientras se inhala, se inclina la cabeza hacia atrás, mirando hacia el techo. Al exhalar, se baja la barbilla hacia abajo, doblando el cuello hacia adelante. La apertura y cierre, se sienta recto, con los brazos colgando a los lados o apoyados en el regazo. Al inhalar, se levanta los miembros superiores a la

altura de los hombros y llevándolos hacia adelante, juntando las manos como si se abrazara un balón grande. Al mismo tiempo, redondea el dorso y contrae el pecho. Mientras se exhala, se abren hacia los lados, estirando el pecho hacia adelante.

Además, se continúa con la flexión del tronco, donde con los brazos en el regazo. Al inhalar, se inclina el tronco hacia adelante, y extendiendo un brazo hacia el frente y otro atrás. Mientras se exhala, se regresa a la posición inicial, llevando el cuerpo hacia atrás. Se puede apoyar las manos en las rodillas para mayor estabilidad. En la flexión lateral del tronco, se sienta derecho en la silla, con los pies en el suelo y la espalda recta. Las manos pueden estar en las caderas. Mientras se inhala, se levanta un brazo por encima de la cabeza y dobla el dorso hacia el lado opuesto donde se estira el costado del cuerpo. Al exhalar, se regresa lentamente a la posición inicial, bajando el miembro y enderezando el torso. Repite el movimiento con el otro miembro inferior (23).

Asimismo, en la rotación del tronco con las manos apoyadas en las caderas. Mientras se inhala, se gira la parte superior del tronco (hombros y pecho) hacia un lado. Se puede usar las manos como punto de apoyo en las caderas para mantener la pelvis estable. Al exhalar, regresa lentamente a la posición frontal. Repite el giro hacia el otro lado. En la flexión y extensión del dorso se coloca la palma derecha en el cuello y la otra en la cadera. Al inhalar, se endereza el tronco y se gira las crestas hacia el lado derecho. Mientras se exhala, se vuelve a la posición inicial, encorvando ligeramente la espalda y contrayendo el abdomen.

De igual forma, la rotación de hombros y tronco con los pies en el suelo y los brazos sobre la cabeza. Los codos deben estar a la altura de los hombros. Mientras se inhala, se gira lentamente el torso hacia un lado, manteniendo los codos a la misma altura. Al exhalar, se regresa a la posición central. se repite el movimiento hacia el otro lado. Continuando con la rotación y flexión del dorso, con los brazos en la cabeza, los codos elevados y la espalda recta. Mientras se inhala, gira el tronco hacia un lado. Al exhalar, se inclina el abdomen hacia adelante en la dirección en la que se gira, llevando las articulaciones hacia la rodilla. Finalmente la rotación y flexión completa del cuerpo con las extremidades sobre la cabeza y los codos elevados. Mientras se inhala, se gira hacia un lado. Al exhalar, se debe flexionar por completo, llevando el cuerpo hacia adelante y abajo, hasta que el pecho se acerque a los muslos.

Al mismo tiempo se tienen los ejercicios diafragmáticos para pacientes con enfermedades obstructivas las cuales van a ayudar a fortalecer las fibras musculares principales de la respiración, el diafragma, mejorando la ventilación y reduciendo la dificultad para respirar. Además, en estas prácticas, se aplican cargas progresivas sobre la pared abdominal, lo que significa que se aumenta gradualmente la resistencia para fortalecer este músculo de forma segura. El ejercicio más básico se realiza en posición de decúbito supino, es decir, acostado de espaldas, colocando una pesa sobre el abdomen. Durante este ejercicio, el paciente debe inspirar profundamente usando principalmente el diafragma, de modo que el estómago se mueva hacia arriba y hacia abajo de manera controlada y cómoda.

Por otro lado, para pacientes que se enfrentan a condiciones restrictivas se entiende que estas circunstancias cursan con una disminución variable de la distensibilidad pulmonar, que puede originarse en causas dentro o fuera de los pulmones. La intervención fisioterapéutica en estos casos debe priorizar el trabajo con el diafragma, especialmente en enfermedades intersticiales, porque fortalecer y reeducar este músculo ayuda a mejorar la expansión respiratoria. A medida que se logra y mantiene la reeducación y el fortalecimiento del músculo diafragmático, la fuerza y la resistencia del músculo aumenta, facilitando una mayor excursión hacia la cavidad abdominal, lo que incrementa el volumen intratorácico.

Además, para promover ese aumento en la excursión diafragmática, se pueden emplear maniobras específicas, como ejercicios de respiración diafragmática en diferentes posiciones. Por ejemplo, en decúbito lateral, el paciente realiza inspiraciones profundas y lentas, usando patrón diafragmático, para mejorar la movilidad del diafragma en el lado afectado. También se puede usar la posición en decúbito dorsal con apoyo en almohadas para favorecer el movimiento del lado comprometido, combinando inhalaciones controladas con movimientos de los miembros superiores, y técnicas de espiración activa con contracción abdominal y presión sobre el tórax para reducir diámetros y facilitar la exhalación.

Por eso, otra estrategia útil es que el paciente, en posición de pie o sentado, levante el brazo del lado afectado por encima de la cabeza durante una inspiración profunda, sintiendo cómo se expande esa parte del tórax. Este movimiento ayuda a elevar las

costillas y estirar los músculos intercostales, permitiendo una mayor entrada de aire en el pulmón afectado. La exhalación debe ser controlada y completa. En individuos con obesidad mórbida (Síndrome de Pickwick), la limitación de la excursión diafragmática puede estar muy marcada, dificultando aún más la expansión pulmonar. Sin embargo, en obesidades no mórbidas, los ejercicios en diferentes posiciones (bipedestación, sentado, decúbito) pueden progresar gradualmente para mejorar, especialmente en zonas donde la restricción es menor, como los vértices pulmonares y la caja torácica, privilegiando patrones ventilatorios costales.

Así pues, en pacientes con enfermedades neuromusculares los problemas respiratorios están relacionados con dos aspectos principales: La incapacidad para lograr una ventilación alveolar y la dificultad para mantener una higiene bronquial efectiva. La intervención fisioterapéutica en estos casos es limitada por la fatiga muscular, que puede presentarse incluso con esfuerzos mínimos, tanto en personas sanas como en individuos con enfermedades neuromusculares. Sin embargo, algunas técnicas pueden ser útiles si se realiza una evaluación cuidadosa y juiciosa.

Para la insuficiencia en la ventilación alveolar, generalmente se recurre a la ventilación mecánica, que puede ser un soporte nocturno o un reemplazo continuo de la espontánea. La fisioterapia también puede incluir técnicas para fortalecer los músculos inspiratorios, aunque la fatiga muscular limita estos esfuerzos. Algunas técnicas de entrenamiento cualitativo, como respiración glossofaríngea, que involucra la proyección de “bolos” de aire a través de la glotis usando la lengua y músculos faríngeos, se utilizan en periodos en los que no hay ventilación mecánica activa. (23)

Manejo de la tos y técnicas de eliminación de secreciones

La tos representa un mecanismo de protección propio que es imprescindible para el aparato respiratorio, que, junto con las barreras mecánicas como la limpieza mucociliar y el moco, tiene como finalidad evitar infecciones. Este proceso resulta vital para eliminar residuos y mantener las vías libres de agentes patógenos. Además, en individuos con músculos respiratorios debilitados, la efectividad de la expulsión puede verse comprometida. En relación con la producción de este fluido, este es originado por células tipo caliciformes y glándulas submucosas. Posee cualidades antimicrobianas y antioxidantes lo que facilita la captura y neutralización de agentes externos dañinos. Esta

secreción se organiza en dos capas: sol y gel la primera muy líquida, en la que predominan los cilios, mientras que la otra más espesa, con una textura semejante a la gelatina, que atrapa partículas contaminantes y polvo.

Por ello, la capa más sólida se desplaza por la acción de los cilios en su porción distante, ayudando a limpiar las vías respiratorias. Cuando la acumulación de moco y partículas excede la capacidad de los cilios para removerlas de manera natural, se desencadena el reflejo de la tos como mecanismo de defensa. Este mecanismo contribuye a eliminar el exceso de secreciones y a mantener estos conductos libres de obstrucciones. Diariamente, se producen aproximadamente 50 ml de moco que lo recubren, los cuales están regulados por un ritmo circadiano.

Asimismo, esta sustancia presenta propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiproteasas, que le permiten capturar y neutralizar partículas, bacterias y virus. Sin embargo, en situaciones de desequilibrio, como procesos inflamatorios o infecciosos, el moco puede volverse más espeso y viscoso, dificultando su expulsión. Un manejo inapropiado de estas secreciones puede ocasionar complicaciones severas, como taponamientos mucosos, atelectasias obstructivas y daño pulmonar.

Por otra parte, el sistema de limpieza mucociliar, también llamado "escalador", es un proceso esencial que permite trasladar el moco desde las vías respiratorias inferiores hasta la garganta, facilitando su eliminación. Los cilios trabajan en conjunto con las propiedades del moco para movilizar las partículas atrapadas y las secreciones. Sin embargo, diversas afecciones respiratorias y condiciones clínicas, como la intubación orotraqueal, pueden afectar gravemente este transporte mucociliar, aumentando la probabilidad de colonización bacteriana y el riesgo de infecciones.

Por consiguiente, la acumulación de moco en las vías respiratorias, debido a la ineficacia de los mecanismos de defensa, puede derivar en complicaciones graves. Cuando procesos inflamatorios e infecciosos modifican las características del moco, su expulsión se vuelve más difícil, lo que favorece el riesgo de infecciones. Este almacenamiento incrementa la colonización bacteriana y el desarrollo de patologías como la neumonía. La atención inadecuada de estas secreciones puede favorecer la aparición de múltiples complicaciones, incluyendo taponamientos, atelectasias obstructivas y daño pulmonar, resaltando la importancia de aclaramiento (71).

Por lo tanto, se manejan estrategias como el drenaje postural el cual consiste en cambiar la posición del cuerpo para que las secreciones puedan moverse más fácilmente hacia las vías respiratorias principales. Esto se logra colocando la parte a limpiar en una inclinación elevada, de modo que la gravedad ayude a que las mucosidades desciendan. Al mantenerse en estas posiciones, la fuerza de la gravedad y los cambios en la postura trabajan juntos para facilitar la eliminación de las secreciones. Además, esta técnica ayuda a que la tos o la aspiración puedan eliminar mejor los residuos acumulados en los pulmones. Sin embargo, en algunos casos, solo con estas posturas no es suficiente, por lo que es necesario complementar con otras maniobras o medicamentos para facilitar la limpieza del árbol bronquial.

Además, para mejorar la eliminación de secreciones, además del drenaje postural, se emplean técnicas como la percusión y la vibración. La percusión consiste en golpear suavemente el pecho con la mano o un instrumento especial para aflojar las secreciones adheridas. La vibración, en cambio, se realiza durante la fase de exhalación, ayudando a movilizar las mucosidades hacia las vías superiores. Cuando estas herramientas no logran despejar completamente las vías respiratorias, se recurre a medicamentos como los mucolíticos o aerosoles humectantes. Estos productos actúan rompiendo las mucosidades más espesas, facilitando su expulsión. Así, la combinación de posiciones, métodos manuales y medicamentos ayuda a mantener las vías respiratorias libres de obstrucciones.

Por otro lado, en muchas ocasiones, el drenaje postural no es suficiente para eliminar todas las secreciones del árbol respiratorio. En estos casos, se utilizan maniobras de tos asistida, que incluyen golpes en el tórax, vibraciones, compresiones y la estimulación de la tos. Estas técnicas complementan el drenaje y ayudan a movilizar y expulsar las secreciones que permanecen atrapadas. La tos asistida se realiza de manera mecánica o manual para facilitar la expulsión de mucosidades, especialmente en pacientes que presentan dificultades para toser por sí mismos. La combinación de estos procedimientos permite un mejor despeje de las vías respiratorias, previniendo complicaciones y mejorando la respiración.

Luego, la percusión torácica ayuda a desprender las secreciones que se adhieren a las paredes del árbol bronquial. Además, favorece la eliminación de tapones de moco y

ayuda a movilizar secreciones espesas. Para realizarla, se golpea suavemente el pecho, como la mano ahuecada, el puño o el borde de la mano, dependiendo del paciente. La percusión debe hacerse con impacto seco y vigoroso, pero sin causar dolor. Si el paciente siente molestias, puede deberse a una mala técnica o a que tiene sensibilidad aumentada. La finalidad es aflojar las secreciones y facilitar su expulsión, ayudando a limpiar los pulmones de manera efectiva.

Por último, la vibración del tórax se realiza generalmente después de la percusión, en la fase de exhalación. Esta técnica consiste en aplicar una oscilación suave sobre la pared torácica con las palmas de las manos, usando todo el brazo para realizar el movimiento. La trepidación ayuda a que las secreciones se muevan hacia las vías altas y sean más fáciles de expulsar. Aunque suele hacerse después de la percusión, también puede realizarse sola en pacientes con contraindicaciones. Es importante que la agitación se realice durante la espiración y con movimientos controlados para evitar molestias o lesiones. Esto contribuye a mejorar el flujo de aire y despejar las vías respiratorias de manera más eficaz (23).

3.5. Protocolos de rehabilitación pulmonar post-intubación

La atención de los pacientes sometidos a ventilación mecánica exige la aplicación de protocolos de rehabilitación pulmonar bien organizados, capaces de ayudar a la retirada progresiva del soporte ventilatorio y optimizar la evolución clínica. La evidencia disponible muestra que estos esquemas no pueden reducirse a una única intervención, sino deben integrar diferentes elementos desde cuidados básicos de movilización pasiva hasta programas de fortalecimiento respiratorio y periférico.

En este sentido, un estudio retrospectivo realizado en centros de cuidados respiratorios en Taiwán se evaluaron tres protocolos diferentes: el primero se limitaba a cuidados rutinarios, incluyendo movilización pasiva, cambios de posición y ejercicios de rango articular asistidos; el segundo añadía a lo anterior un programa de entrenamiento respiratorio como respiraciones profunda, respiración con labios fruncidos p uso de dispositivos de resistencia inspiratoria; y el tercero integraba, además de lo anterior, entrenamiento de extremidades mediante bicicleta ergométrica, bandas elásticas o ejercicios de resistencia adaptados a la condición del paciente (72).

A partir de esta comparación los resultados indicaron que quienes recibieron el protocolo más completo lograron mayores tasas de destete y supervivencia a los tres meses, en comparación con aquellos sometidos al protocolo básico o a entrenamientos respiratorios aislados (72). Esto confirma que los programas más integrales, que combinan reeducación respiratoria y fortalecimiento muscular periférico, constituyen la base de lo que debe considerarse un protocolo de rehabilitación pulmonar post-intubación.

Por otra parte, los análisis sistemáticos y metaanálisis aportan solidez adicional al planteamiento anterior, al demostrar que determinadas modalidades incluida en los protocolos son especialmente efectivas para preservar la función respiratoria tras la extubación. Entre las técnicas estudiadas, el entrenamiento de la musculatura inspiratoria ha demostrado el impacto más consciente en la recuperación de la fuerza del diafragma, lo que se refleja en mejores valores de presión inspiratoria máxima y volumen corriente (73).

A este efecto se suman intervenciones como la estimulación eléctrica neuromuscular se destacó como intervención adyuvante y el ejercicio de extremidades, que contribuyen a mitigar la atrofia secundaria a la inmovilidad prolongada (73). La combinación de estas estrategias se traduce en una reducción del índice de respiración rápida y superficial, parámetros reconocidos como predictor sensible de fracaso en el destete. De esta manera, el conjunto de estas técnicas dentro de protocolos normalizados no solo fortalece la musculatura respiratoria, sino que también genera un paso estable hacia la respiración espontánea, disminuyendo el riesgo de complicaciones respiratorias y el tiempo de estancia en unidades críticas.

Finalmente, el periodo inmediato posterior a la retirada del tubo endotraqueal presenta un momento de alto riesgo, en el que incluso pacientes previamente estables pueden presentar fatiga respiratoria y necesidad de reintubación. En este escenario, los protocolos de rehabilitación se han ampliado para incluir medidas de soporte respiratorio no invasivo como la ventilación mecánica no invasiva o la cánula nasal de alto flujo, aplicadas desde el instante mismo de la extubación. Estos procedimientos, protocolizados en ensayos pragmáticos, han demostrado disminuir la incidencia de fracaso respiratorio y reducir la mortalidad asociada a la intubación (74).

Al considerarse como parte del proceso de rehabilitación, se asegura que el paciente no solo reciba entrenamiento funcional progresivo, sino también una protección inmediata frente a la inestabilidad post-extubación deben entenderse como un conjunto amplio de intervenciones, que combinan fisioterapia respiratoria, fortalecimiento muscular y soporte ventilatorio no invasivo, en busca de garantizar un destete exitoso y una recuperación segura.

De manera complementaria a la aplicación de protocolos de rehabilitación pulmonar, su eficacia se mide mediante una combinación de parámetros fisiológicos, funcionales y clínicos que permiten verificar objetivamente el progreso del paciente. A nivel respiratorio, se recurre de manera rutinaria a instrumentos como el manómetro digital para registrar la presión inspiratoria máxima (MIP) y la presión espiratoria máxima (MEP), que reflejan directamente la fuerza de los músculos respiratorios y permiten monitorizar la evolución tras la extubación (75). La prueba de caminata de seis minutos (6MWT) constituye otro recurso funcional del ejercicio y ha demostrado ser un indicador confiable de la resistencia cardiorrespiratoria y la recuperación global tras la extubación (76).

Dentro de estas herramientas, la escala modificada del medical research council (mMRC) ocupará un lugar importante al evaluar de forma sencilla y replicable, la intensidad de la disnea percibida por el paciente (77). Esta escala clasifica la disnea en un rango de 0 a 4, donde 0 corresponde a disnea solo con grandes esfuerzos, mientras que 4 refleja limitación incluso con actividades mínimas o en reposo. Su utilidad radica en la puntuación guarda correlación con parámetros objetivos como la 6MWT, la función pulmonar en espirometría y cuestionarios de calidad de vida.

En este contexto de la rehabilitación post-intubación, una reducción de al menos 1 punto en la mMRC se considera significativa, ya que traduce una mejor tolerancia al esfuerzo, menor percepción de disnea y una evolución funcional más favorable. Por ello, esta escala se integra con frecuencia en programas de seguimiento, no solo para valorar la mejoría inmediata tras el destete, sino también para monitorizar la progresión del paciente en las semanas y meses posteriores al alta de la UCI.

3.6. Resultados esperados de la rehabilitación pulmonar post-intubación

La rehabilitación pulmonar aplicada tras la ventilación mecánica se ha reforzado como un recurso terapéutico fundamental en la recuperación de los pacientes críticos.

Uno de los hallazgos más conscientes es la mejora progresiva de la función respiratoria, evidenciada en parámetros como la presión inspiratoria y espiratoria máxima, el volumen corriente y la reducción del índice de inhalaciones rápida y superficial. Estos indicadores reflejan de manera directa la capacidad del diafragma y de los músculos de este para retomar un patrón ventilatorio eficiente.⁷³

En este sentido, el entrenamiento inspiratorio, junto con intervenciones de fortalecimiento periférico, se ha identificado como un pilar fundamental para lograr una transición más estable hacia la respiración espontánea y reducir riesgo de fracaso de destete. Los resultados clínicos también muestran que una rehabilitación precoz contribuye a reducir la incidencia de complicaciones derivadas de la inmovilidad prolongada. El conjunto de fisioterapia respiratoria, movilización temprana y ejercicios adaptados al estado del paciente ha demostrado mejorar la tolerancia al esfuerzo y favorecer una recuperación funcional estable.

En pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda, estas medidas se relacionaron con menos tasa de complicaciones respiratorias, reducción de secuelas funcionales e incremento en la probabilidad de supervivencia a los tres y seis meses posteriores a la extubación (78). En este sentido, el impacto positivo de estos protocolos no se limita a corto plazo, sino que se prolonga a la calidad de vida posterior al alta hospitalaria. Se ha documentado que quienes reciben programas sistematizados de rehabilitación presentan una recuperación más acelerada de la capacidad de movilización independiente, una menor dependencia al soporte ventilatorio y una reincorporación más rápida a las actividades cotidianas.

Esto no solo traduce beneficios inmediatos, sino que también disminuye demanda de cuidados y costos asociados a estancias prolongadas en unidad de cuidados intensivos (73). Al hablar de los resultados de la rehabilitación pulmonar post- intubación, lo que se espera observar no solo es la estabilidad clínica inmediata, sino también progresos que puedan comprobarse con medidas respiratorias y funcionales. Una mejoría MIP Y MEP indica que el diafragma y la musculatura ventilatoria han recuperado parte de su fuerza lo cual se traduce en una inhalación más eficiente y en menor riesgo de fatiga durante el destete.

Por otro lado, recorrer una distancia en la prueba de 6MWT señala que el paciente ha ganado resistencia cardiorrespiratoria y tolera mejor la actividad física en el periodo de recuperación. En lo que respecta a la disnea, una disminución de al menos 1 punto en la escala mMRC refleja que se percibe menos dificultad al ventilar, lo que se asocia con mayor independencia funcional y mejor calidad de vida durante el seguimiento. Estos resultados son los que permiten afirmar que un programa de rehabilitación no solo ayuda a superar la etapa crítica posterior a la extubación, sino que también impulsa una recuperación más integral y sostenida.

3.7. Factores que afectan la eficacia de la rehabilitación pulmonar

Entre las comorbilidades asociadas a estas condiciones coexistentes se tienen enfermedades crónicas previas y complicaciones agudas. Tales como hipotensión, hipoxia, hiperglucemia o hipoglucemia y polineuropatía que pueden afectar la eficacia de la rehabilitación. Se han vinculado con complicaciones hospitalarias siendo las más comunes la neumonía originada por ventilación mecánica, el neumotórax y la miopatía adquirida durante la estancia en la UCI. Además, investigaciones realizadas con personas con SDRA sin importar su causa han demostrado que estos individuos siguen enfrentando problemas de salud, deterioro en su funcionalidad y una disminución en la calidad de vida. Muchos de ellos aún sufrían de tos, dificultad para respirar, dolor en la garganta y náuseas así como debilidad muscular, problemas respiratorios y malestar psicológico (79).

Se ha mencionado que las personas que son tratadas con RP tienden a mostrarse menos activos en términos físicos comparadas con aquellos que padecen otras condiciones crónicas según su grupo de edad y género. Esto se debe a que se vincula a síntomas tales como dificultad para respirar, cansancio y problemas en el funcionamiento de los músculos, lo que disminuye la habilidad del paciente para realizar actividades físicas. Por ello pueden sentir temor al realizar acciones de fuerza a causa de la falta de aliento.

Además, problemas como la angustia y la depresión a lo largo del tiempo pueden resultar en un estado emocional deteriorado, lo que provoca que el individuo muestre desinterés hacia el ejercicio. Por lo tanto, los profesionales de la salud necesitan enfocarse en informar a los que padecen. Comunica que la enfermedad no impide

realizar entrenamiento y disipar su temor. Esto puede conducir a una mayor adherencia a los programas de rehabilitación pulmonar (80).

Además, la edad, el género, la estructura del cuerpo y la raza son aspectos que influyen entre las diversas personas (81). La capacidad pulmonar total (TLC) crece rápidamente desde que se nace hasta la juventud y se mantiene constante aproximadamente hasta los 25 años. Sin embargo, únicamente se presentan ajustes leves de la siguiente década. Los hombres suelen presentar un índice de TLC más elevado que las mujeres, al mismo tiempo que las personas de mayor estatura tienden a mostrar un rango más alto en comparación con aquellas de menor (82).

Estos ajustes involucran un aumento en la aporte estático por la reducción de la resistencia elástica de los alvéolos y una el espacio reducido de la pared del tórax como resultado de la rigidez y la elevación de la tracción hacia afuera de la cavidad torácica (83). En cuanto a las etnias, los individuos con herencia africana presentan un porcentaje inferior con relación a aquellos de europea (84). Otros elementos que influyen en la capacidad de los pulmones de una persona son el grado de ejercicio, las alteraciones en la estructura del tórax y las patologías del sistema respiratorio.

Es bien conocido que la obesidad acarrea diversas repercusiones en la salud y se relaciona con enfermedades concomitantes. Además, provoca una disminución de la capacidad pulmonar en las evaluaciones de volumen, presentando características de un patrón restrictivo en las pruebas de función respiratoria (85). La disminución del tamaño de los pulmones asociada a la obesidad se presenta con mayor frecuencia en el género masculino que en el femenino debido a las variaciones entre ellos. La manera en que se distribuye el tejido adiposo en el cuerpo tanto en la parte central como la periférica (86).

Se piensa que la causa sugerida se relaciona con el incremento del peso en la caja torácica, lo que reduce su flexibilidad, y con el aumento de este en el abdomen, que limita la expansión del diafragma al inhalar, lo que provoca una reducción de la capacidad pulmonar total, el volumen residual excedente y la FRC (87). Se ha evidenciado que adelgazar puede restaurar el tamaño de los pulmones en individuos con pesadez severa y se debe promover (88).

4. Enfoque multidisciplinario en la rehabilitación pulmonar post-intubación

4.1. Rol del médico intensivista

El rol del médico intensivista en la UCI consiste en detectar de manera oportuna y precisa cambios en las variables fisiológicas y bioquímicas de personas gravemente enfermas, utilizando procedimientos invasivos diagnósticos y terapéuticos que son fundamentales para su manejo. Los criterios para identificar si existe sepsis incluyen signos como la fiebre (más de 38.3°C), hipotermia (menos de 36°C), aumento en la respiración, también en la frecuencia cardíaca siendo superior a 90 por minuto, alteraciones en el estado mental y edema o un balance hídrico positivo mayor a 20 cc/kg en 24 horas. Variables inflamatorias como leucocitosis (más de 12,000/mm³), leucopenia (menos de 4,000/mm³), presencia de más del 10% de formas inmaduras en leucocitos, y niveles elevados de proteína C-reactiva.

Así también, aspectos hemodinámicos como hipotensión arterial, saturación venosa de oxígeno superior al 70% y un índice cardíaco mayor a 3.5 L/min/m² ayudan en la valoración. Se consideran a su vez signos de disfunción en órganos, incluyendo hipoxemia, oliguria aguda, aumento de creatinina, alteraciones en la coagulación, íleo, trombocitopenia e hiperbilirrubinemia. Es importante destacar que estos datos son necesarios además para evaluar el tratamiento y manejo ventilatorio en los pacientes.

Además, el manejo del soporte ventilatorio es una parte fundamental del intensivista, quien debe monitorear indicadores relacionados con la insuficiencia respiratoria aguda. La prueba de tolerancia a la respiración espontánea se realiza en un 55% de los pacientes, mientras que los límites de tensión en los pulmones durante la ventilación mecánica invasiva, como en la plateau y la presión máxima de inspiración, tienen un estándar del 10% cada uno. La sustitución de la cánula nasal, que ayuda a mantener el calor y la humedad en el aire inspirado, debe hacerse en el 100% de los casos.

Es por ello que, la extubación no planificada se da en 15 episodios por cada 1,000 días de intubación, y la reintubación se presenta en un 12% de los pacientes. En cuanto a complicaciones, el barotrauma no debe superar el 5%, y las consecuencias graves durante la posición prono en individuos con síndrome de distrés respiratorio del adulto deben ser menores al 2%. Finalmente, la neumonía relacionada con la respiración mecánica ocurre en 18 episodios por cada 1,000 días de ventilación.

Por lo tanto, el papel del médico intensivista en la coordinación del equipo multidisciplinario en la UCI es fundamental para garantizar una atención de calidad. Para disminuir en un 100% el riesgo de contagios y colonizaciones es crucial que el personal reciba educación continua y promueva buenas prácticas. La asistencia efectiva requiere que este grupo, compuesto por especialistas en infectología, médicos de la unidad de cuidados intensivos, encargados de consulta, microbiología, epidemiología hospitalaria, enfermeros y terapeutas respiratorios, trabaje en conjunto.

Dado que, la colaboración entre cada uno de estos profesionales permite que las estrategias sean integrales, cubren todos los aspectos necesarios y sean más efectivas. Esto asegura una atención holística y que los cuidados estén enfocados en la recuperación del paciente, logrando un impacto positivo en su evolución. La coordinación adecuada del equipo, liderada por el intensivista, favorece la toma de decisiones oportunas y la implementación de las mejores prácticas clínicas.

De este modo, el médico intensivista en cuanto al manejo de la sedación y analgesia en pacientes de la UCI es crucial, ya que esta tarea es una competencia central. La monitorización de dicha práctica debe realizarse en el 95% de los casos para asegurar una correcta administración y evitar complicaciones. El empleo de sedantes apropiados se puede alcanzar con un porcentaje de 85% de las situaciones, garantizando que estén cómodos y seguros. Además, la práctica de suspender diariamente en un 80% de los individuos ayuda a reducir riesgos y evaluar su estado.

Por otra parte, la analgesia, tanto en pacientes no sedados como en los ventilados, debe ser manejada en un 100% de los casos para aliviar el dolor y mejorar su bienestar. El uso incorrecto de relajantes musculares tiene un estándar del 2%, lo que indica que debe evitarse en la medida de lo posible. La monitorización del bloqueo neuromuscular, que es esencial para la seguridad del individuo, debe realizarse en el 100% de las situaciones. Por último, la identificación del delirio en los enfermos se realiza en un 90%, permitiendo un tratamiento adecuado y mejorando la recuperación.

Es por ello que el intensivista tiene un papel esencial en la UCI donde implica reemplazar temporalmente funciones orgánicas alteradas o suprimidas, sin dejar de tratar la enfermedad principal. Su trabajo se centra en detectar cambios fisiológicos y bioquímicos en pacientes graves. Se sabe que más de un tercio de los ingresados en

UCI sufren eventos adversos inesperados, siendo las infecciones hospitalarias las complicaciones más comunes. La neumonía relacionada con ventilación y los contagios en la UCI tienen tasas de mortalidad que oscilan entre el 10% y el 35%, dependiendo del caso.

Por eso, es esencial que el especialista mantenga un monitoreo constante y siga estrictamente los protocolos de higiene, seguridad y medición clínica. Los estudios que se enfocan en vigilancia y prevención de infecciones han logrado disminuir estos riesgos en los pacientes críticos. Además, la presencia de un intensivista en la unidad las 24 horas del día se considera un indicador importante de buena calidad en la atención (89).

4.2. Papel del rehabilitador pulmonar

La rehabilitación pulmonar es un programa multidisciplinario que busca optimizar el bienestar físico, social y psicológico. Para conseguirlo, el terapeuta debe reducir los síntomas y complicaciones respiratorias, a la vez que fomenta la autonomía del paciente por medio del autocontrol. Además, se enfoca en mejorar su rendimiento en el ejercicio y la condición física en general, así como su estado social y emocional. También contribuye a disminuir la frecuencia de exacerbaciones y las futuras hospitalizaciones. Toda esta labor se implementa lo antes posible después del evento agudo para mitigar los efectos perjudiciales de una estancia prolongada.

Por otro lado, la evaluación inicial del paciente integra distintos componentes que el terapeuta deberá aplicar. La valoración comienza con un registro del grado de disnea, además de verificar la presencia de tos, sus características y cualquier dolor corporal o torácico. Es fundamental indagar sobre los antecedentes médicos, incluyendo comorbilidades como diabetes, hipertensión arterial, EPOC, fibrosis pulmonar o asma. También es necesario revisar los signos vitales, como la temperatura y la oximetría de pulso. Un examen físico completo incluye la evaluación del patrón respiratorio, la expansión de la caja torácica, y la posible existencia de sibilancias o secreciones. Finalmente, se crea un plan de rehabilitación individualizado y se establecen acuerdos para el seguimiento del caso.

Asimismo, el profesional debe elaborar un plan de rehabilitación individualizado y educar a los pacientes en su rutina hospitalaria para su recuperación. Además, con respecto al acondicionamiento físico, su propósito será el desarrollo de habilidades

condicionales y coordinativas para perfeccionar el rendimiento físico global del paciente. Para lograrlo, se realizan ejercicios de equilibrio, coordinación, estiramientos y relajación. Estos ejercicios mejoran las cualidades físicas, permitiendo un desempeño óptimo. El entrenamiento para miembros superiores utiliza ergómetros de brazos, pesas o bandas elásticas, mientras que para miembros inferiores se emplean la bicicleta estacionaria y la banda sin fin. El programa completo de entrenamiento físico tiene una duración de veinticuatro sesiones, distribuidas en tres días a la semana.

Por consiguiente, se mencionan técnicas de rehabilitación pulmonar que el terapeuta aplica. Entre las cuáles se encuentran la respiración diafragmática asistida, las de aclaramiento mucociliar, la movilización temprana y los ejercicios respiratorios para restablecer el patrón ventilatorio. Igualmente, se incluye la tos dirigida, se abarca la espiración lenta total, la respiración costal y la respiración de labios fruncidos. Las técnicas de drenaje de secreciones se aplican en pacientes con patologías crónicas, siendo una de ellas el drenaje postural en la cual se ubica al paciente, según el área que se pretenda limpiar. Se describe en el apartado 3.4. Estrategias de rehabilitación pulmonar.

Además, se debe llevar un registro exhaustivo en el expediente clínico del paciente. La evaluación inicial y el tratamiento individualizado se anotan en este documento, así como el cumplimiento de las sesiones por el terapeuta responsable. Se utiliza una "Hoja de Monitoreo hospitalario" para el seguimiento. Es importante destacar que las sesiones de rehabilitación deben ser suspendidas si se presentan las siguientes condiciones: una temperatura corporal mayor o igual a 38,5°C, una frecuencia cardíaca menor a 40 lpm o superior a 120 lpm, o una presión arterial sistólica igual o mayor a 180 mm Hg o menor a 90 mm Hg. Del mismo modo, si la presión arterial media es inferior a 60 mm Hg o superior a 110 mm Hg, o si la saturación de oxígeno SpO₂ es menor del 90%, la sesión se detendrá inmediatamente.

Finalmente, al recibir el alta, el paciente se somete a una valoración de sus necesidades de oxígeno en reposo y durante el esfuerzo, ya que la hipoxemia es una condición frecuente en individuos hospitalizados por COVID-19. Aunque los requisitos de oxígeno suplementario disminuyen con el tiempo, es posible que algunos pacientes sigan necesitando oxígeno al momento de ser dados de alta. Se les puede tramitar

oxigenoterapia domiciliaria, con especificación de la cantidad de litros y el tiempo de uso necesario (70).

4.3. Importancia del equipo de salud en el seguimiento y apoyo

Los problemas respiratorios crónicos comprenden un conjunto de afecciones pulmonares que presentan una alta tasa de padecimientos. La rehabilitación constituye un enfoque total proporcionado por un grupo de especialistas en enfermedades respiratorias para optimizar los resultados médicos y de atención. Además de señalar la importancia del grupo multidisciplinario en el análisis y la optimización del cuidado a individuos. Con la intención de reconocer los diversos elementos de un plan de RP. Explicar los criterios para la participación. Examinar las estrategias empleadas. Sintetizar las ventajas de las distintas formas de ejercicio en un plan (90).

Un Estudio Nacional de Tratamiento del Enfisema, encontró que la terapia de rehabilitación pulmonar era beneficiosa para los individuos. Estos pacientes participaron en programas antes y después de someterse a una cirugía para reducir el tamaño del pulmón (91). Anteriormente, se pensaba que no había mejoras importantes en la mortalidad o en la capacidad de dicho órgano debido a la ineficiencia de la RP. Sin embargo, la incorporación de medidas relevantes como la capacidad para hacer ejercicio, los síntomas de dificultad para respirar, la resistencia y la calidad de vida. Han transformado la manera en que se percibe al redefinir los objetivos de esta terapia que se evidenciaron más claramente.

En relación con la rehabilitación respiratoria esta se puede llevar a cabo en un hospital, en un programa externo o en casa. Ofrecer está en varios entornos puede ser beneficioso para pacientes con distintos niveles de limitación pulmonar. Herramientas para la actividad física y supervisión son elementos clave del plan que pueden diferir según el lugar y el contexto. La mayor parte de los estudios sobre las ventajas se apoyan en cicloergómetros y caminadoras para el ejercicio de resistencia, así como en equipos de pesas para el entrenamiento de fuerza.

Así mismo, los instrumentos de monitoreo son necesarios y estos incluyen un pulsómetro, un medidor de presión arterial y una cinta para evaluar la marcha en dos direcciones. Considerando que no hay instrucciones definidas sobre la configuración del equipo varios elementos fundamentales son cruciales para crear un programa efectivo.

El grupo generalmente consta de médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, especialistas en respiración, enfermeras, expertos en psicología, profesionales del comportamiento, nutricionistas y trabajadores sociales esto facilita un enfoque diverso.

El responsable principal funciona como el médico encargado quien se ocupa de la revisión inicial, la creación del plan junto con el grupo y el seguimiento de los avances y modificaciones necesarias en el tratamiento. Es esencial tener en cuenta las morbilidades psicosocial relacionada con enfermedades pulmonares avanzadas y progresivas al diseñar estrategias de tratamiento. Se ha observado una reducción en los niveles de ansiedad y depresión. Además de una mejora en las capacidades cognitivas gracias a la rehabilitación pulmonar completa (92). Así que, la implicación de psicólogos y asistentes sociales es crucial en la terapia pulmonar, al igual que los ejercicios y la dimensión física.

Al mismo tiempo, la elección de los pacientes requiere examinar el diagnóstico y la severidad de la enfermedad fundamentándose en exámenes de la función respiratoria. La valoración inicial de cada paciente abarca la escala de Borg para medir el esfuerzo que se siente durante una prueba de ejercicio incremental controlada. Las calificaciones de dificultad para respirar durante la capacidad de ejercicio inicial máxima, una evaluación de caminata de 6 minutos estándar y el Cuestionario Respiratorio de Saint George para medir el bienestar. 93,94 Se crea un plan de ejercicios personalizado fundado en las evaluaciones previamente citadas. Asimismo, es fundamental determinar la necesidad de oxígeno adicional, excluir restricciones cardiovasculares y analizar la seguridad de las intervenciones de entrenamiento físico.

Aunque no todos los pacientes requieren una evaluación formal de esfuerzo cardiopulmonar, esta es útil para analizar los aspectos que influyen en las restricciones al ejercicio, la seguridad durante la actividad física y para definir un programa de ejercicios apropiado. Adicionalmente, puede ser beneficiosa para revisar el broncoespasmo provocado por el ejercicio y para identificar arritmias y problemas de flujo sanguíneo en el corazón (93).

Por otra parte, las ventajas del programa de rehabilitación respiratoria son evaluadas a través de varios criterios. En la actualidad, se aplica a individuos con diferentes afecciones pulmonares, y los resultados pueden variar según la enfermedad base. La

supervivencia es uno de los aspectos clave que se examinan en la RP. Se evidenció que comenzar está en los tres meses siguientes al alta del hospital tenía un menor riesgo de fallecer al término del año; no obstante, otros estudios han puesto en duda esta afirmación. La calidad de vida y el nivel de ejercicio son indicadores significativos que se pueden evaluar.

También, se ha comprobado que favorece la calidad de vida, según lo que muestran el Cuestionario de Enfermedades Respiratorias Crónicas (CRQ) y el Cuestionario Respiratorio de St. George (SGRQ). Un plan de recuperación pulmonar es una estrategia colectiva que involucra a varios especialistas. Incluye a diferentes expertos que se unen por un fin compartido, y las investigaciones han mostrado que la colaboración en grupo favorece los resultados (94).

La valoración y el plan inicial toman en cuenta el concepto de un especialista desde un marco clínico. Un fisioterapeuta, trabajando junto a otro, asiste en la organización del régimen de ejercicios. Los terapeutas respiratorios contribuyen con la patología pulmonar que presenta el paciente y enseñan métodos de respiración para mitigar los signos. La valoración de psiquiatras y psicólogos en las fases previa, actual y posterior al tratamiento es esencial, dado que la depresión, la ansiedad y las dificultades mentales vinculadas a condiciones crónicas necesitan ser tratadas de manera conjunta (95).

Los trabajadores sociales se dedican a resolver los conflictos familiares y las barreras sociales para alcanzar la meta de ofrecer una atención de excelente calidad. Ninguna estrategia tiene éxito sin un monitoreo efectivo, una correcta gestión de la medicación y la capacitación proporcionada por un grupo de enfermeras. Numerosos integrantes del grupo no se restringen a sus funciones asignadas. Al colaborar, son capaces de reconocer y frecuentemente adoptar las tareas de sus colegas.

En un entorno con tantas dinámicas, la comunicación resulta fundamental. Las dificultades en cada fase o intervención deben ser abordadas con otros integrantes del grupo, puesto que esto facilita la solución de inconvenientes y la adaptación del procedimiento a las exigencias de los pacientes. Las reuniones regulares son útiles para abordar el avance y los ajustes que se requieran.

4.4. Educación del paciente y la familia en el proceso de rehabilitación

Los aspectos fundamentales de la formación sobre autocuidado dentro de las iniciativas de rehabilitación pulmonar se centran, en esencia, en cómo prevenir y manejar las crisis agudas, así como en las estrategias para la respiración y la limpieza de las vías respiratorias, además de asegurar el cumplimiento de los regímenes de ejercicio en casa. Por otro lado, es importante que se reconozcan las necesidades que los pacientes perciben, y se utilice tanto la práctica como el retorno de información sobre las nuevas habilidades aprendidas, así como emplear métodos que fomenten la confianza de los pacientes en su capacidad de controlar su enfermedad, promoviendo un papel activo en su interacción con los profesionales de salud (96).

Existen pocas investigaciones que ayuden a determinar de manera más precisa cuáles son los métodos más eficaces para la enseñanza del autocuidado y para mantener las mejoras a largo plazo. La formación es un recurso clave en el cuidado de individuos que padecen condiciones crónicas. Hay dos metas primordiales en la educación en salud: capacitar a los pacientes para que realicen elecciones bien fundamentadas que beneficien su bienestar y fomentar su involucramiento en el proceso mediante una actitud reflexiva y decisiones que ayuden a mejorar su salud.

Cuando los pacientes enfrentan una insuficiencia terminal de un órgano, a menudo carecen de la capacidad para cuidarse por sí mismos, no poseen la información adecuada y tampoco cuentan con la motivación o la energía necesarias. No obstante, la importancia de la educación es esencial para alcanzar el mayor grado de autonomía posible. Es crucial comprender que ciertos estados físicos, sociales y de salud pueden obstaculizar el aprendizaje. En la fase posterior al trasplante, los pacientes no solo son receptores de información, sino que pueden verse involucrados activamente en el manejo de su propio cuidado.

Generando diversas opciones para su tratamiento. Hoy en día, los pacientes requieren cada vez más detalles sobre el procedimiento de trasplante y los cuidados de salud que deben seguir. El individuo y su familia que cuentan con una preparación adecuada, respaldo emocional y formación continua a lo largo de todo el proceso, facilitarán una mejoría en los resultados del trasplante, la longevidad del paciente y del

injerto, así como en la calidad de vida tras la intervención y su rápida reintegración en el ámbito social, laboral y educativo.

La labor educativa debe tomar en cuenta al paciente como parte de una unidad familiar y de una comunidad, dado que esto afecta su conducta y su forma de decidir respecto a su salud. La enfermera, el paciente y la familia deben colaborar para definir metas alcanzables y cumplir con las metas establecidas. Estos objetivos educativos, convenidos entre ellos, deberían estar documentados en un plan de atención escrito. Una de las funciones importantes del papel de la enfermera coordinadora es la enseñanza y la formación, proporcionando educación y promoviendo la salud, además de fomentar el autocuidado.

El objetivo es mejorar la salud y el bienestar de los pacientes, educándolo acerca de conocimientos también promoviendo hábitos saludables y actitudes positivas lo cual contribuirá a asegurar una buena calidad de vida. A través de la enseñanza conseguimos que el paciente adquiera habilidades para su autocuidado. Lo que ayudará a reducir su ansiedad y temores. Esto también favorecerá cambios en sus hábitos como su forma de vivir y ayudará a prevenir riesgos. Especialmente la falta de aceptación y no seguir el tratamiento (90).

5. Investigación en ventilación mecánica y rehabilitación pulmonar

5.1. Investigaciones actuales sobre rehabilitación pulmonar post-intubación

Un estudio reciente en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda mostró que iniciar la rehabilitación de manera temprana puede cambiar de forma importante la evolución clínica. El programa aplicado combinaba ejercicios respiratorios y de movilidad, tres veces por semana durante seis semanas. Los tratados con este esquema recuperaron mayor fuerza en los músculos ventilatorios y obtuvieron mejores puntajes de movilidad en la escala short physical performance battery (SPPB) (97). Esta herramienta valora tres aspectos centrales en el desempeño físico: equilibrio, velocidad de la marcha y la capacidad de levantarse repetidamente en una silla. Su puntuación total va de 0 a 12 y se considera que valores bajos reflejan limitaciones funcionales relevantes.

En este estudio, la mejoría en el puntaje SPPB fue un indicador objetivo de que los pacientes no solo estaban recuperando la función inspiratoria y espiratoria, sino también la capacidad de movimiento y la autonomía básica, factores claves tras una estancia en cuidados intensivos. También se registraron valores más altos de PEF, FEV1/FVC y capacidad vital en comparación con el grupo que no recibió rehabilitación (78). A esto se sumó una reducción de la necesidad de aspiración de secreciones, menos días de estancia en UCI y una mayor supervivencia a seis meses, lo que avala que la rehabilitación temprana favorece tanto la recuperación funcional como la disminución de complicaciones posteriores.

En la misma línea, una revisión sistemática publicada en BMC Pulmonary Medicine analizó doce estudios, de los cuales diez se incluyeron en metaanálisis. Los autores encontraron que la rehabilitación pulmonar, y en especial el entrenamiento de los músculos inspiratorios, se asocia con aumentos claros en MIP, MEP y volumen corriente. Además, se reportó una reducción del índice de respiración rápida y superficial (RSBI), parámetro que suele anticipar el fracaso de destete. El entrenamiento inspiratorio fue la intervención con mejores resultados, seguido por la estimulación eléctrica neuromuscular. Sin embargo, los autores remarcan que aún falta unificar criterios para estandarizar los protocolos y asegurar que los beneficios pueden reproducirse en distintos contextos (73)

En los últimos años se han publicado estudios que ayudan a entender mejor el papel de la rehabilitación pulmonar tras la ventilación mecánica. Un ejemplo es el trabajo de Da y Zhang (78). En pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda. Allí aplicó un programa de rehabilitación temprana que combina ejercicios respiratorios y de movilidad. Los resultados fueron claros: los pacientes no solo recuperaron más rápido la fuerza respiratoria y la capacidad de moverse, sino que también necesitaron menos días en UCI y tuvieron una tasa de vida mayor a seis meses. Este tipo de hallazgos muestran que iniciar la rehabilitación en etapas tempranas no es un complemento opcional, sino una medida que puede cambiar el pronóstico.

Otro aporte importante proviene del metaanálisis de Xingyu y colaboradores (73). En este estudio se revisaron doce ensayos clínicos y se comprobó que la rehabilitación, en especial el entrenamiento de los músculos respiratorios, mejora parámetros como la MIP,

MEP y el volumen corriente. También se observó una disminución del índice de respiración rápida y superficial, lo que se asocia con un destete más seguro. Al reunir resultados de diferentes ensayos, este análisis refuerza la idea de que los beneficios de la rehabilitación no se limitan a la teoría, sino que pueden comprobarse de forma consistente en la práctica clínica.

5.2. Innovaciones en el tratamiento de las complicaciones post-intubación

Los avances en el cuidado de complicaciones posteriores a la intubación y la recuperación se enfocan en evitar y tratar problemas respiratorios. Se emplean métodos como la ventilación sin intubación, la terapia con flujos elevados y planes de rehabilitación respiratoria adaptados a cada persona. Estas tácticas tienen como objetivo optimizar la oxigenación, disminuir el uso del ventilador y facilitar la recuperación del paciente.

Algunos no requieren un apoyo total en su respiración. Estas pueden recibir tratamiento utilizando una máscara que les quede ajustada, que se coloca sobre la nariz o boca. A través de la interfaz, se envía una mezcla de oxígeno y aire a presión. Esta facilita la inhalación de la persona afectada y previene el agotamiento de los músculos. En alrededor de la mitad de los casos de insuficiencia esta técnica denominada como presión positiva de dos niveles BiPAP o presión positiva continua en la vía aérea CPAP puede ser beneficiosa para el paciente, evitando la necesidad de intubación traqueal.

Además, la CPAP en las vías respiratorias se aplica frecuentemente en individuos que padecen apnea del sueño. Sin embargo, este método de tratamiento presenta notables diferencias cuando es empleado por quienes requieren asistencia en la respiración (97). A diferencia de la utilización de presión de aire positivo a dos niveles durante la noche que beneficia a quienes sufren a causa de la debilidad muscular. Dado que tras un periodo de descanso nocturno los músculos respiratorios logran operar de manera más eficiente durante las horas del día (98).

Por otra parte, la terapia de flujo alto con humidificación (HFT) es un tratamiento respiratorio no invasivo que generalmente se entrega mediante un sistema de cánula nasal el cual proporciona una constante de oxígeno junto con flujos de hasta 60 L/min. Este método es bien aceptado, sencillo de configurar y es más eficaz cuando se aplica a 37 °C para asegurar que el gas inhalado esté adecuadamente. La velocidad y la

concentración de O₂ deben ajustarse según el esfuerzo de respiración del paciente y la gravedad de su hipoxemia. La HFT genera efectos fisiológicos positivos que incluyen la mejora de la limpieza mucociliar, un lavado más efectivo del espacio muerto y una mejora en la mecánica pulmonar.

Así mismo, hay evidencia sólida que apoya su uso en situaciones críticas especialmente para tratar la insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda y para prevenir complicaciones respiratorias tras la extubación. Además de que investigaciones recientes sugieren su utilidad durante procedimientos de broncoscopia, intubación y pausas en la ventilación no invasiva o en la presión positiva continua en la vía aérea. Sin embargo, la información sobre su aplicación en estado hipercápnico es limitada en contextos como la rehabilitación pulmonar y cuidados paliativos y se requieren más estudios para corroborar los resultados de investigaciones más pequeñas (99).

Además de técnicas de reclutamiento alveolar: Estas consisten en usar altas presiones en los alvéolos por un tiempo corto. Son efectivas en la fase aguda del SDRA para potenciar la oxigenación. Mejora de la humidificación y uso de aerosoles: Es crucial para facilitar la eliminación de secreciones y optimizar el trabajo de los cilios. Se apoya en aerosoles de broncodilatadores o mucolíticos para favorecer la apertura de las vías respiratorias (100).

Por otro lado, las innovaciones en la rehabilitación de los pulmones: Programas personalizados estos son elaborados específicamente para cada individuo teniendo en cuenta sus necesidades únicas y metas funcionales. También se incorporan ejercicios aeróbicos, fortalecimiento muscular y métodos de entrenamiento respiratorio. Enfoque en la reducción de la dificultad respiratoria y la ansiedad: El objetivo es disminuir la incomodidad al respirar y reducir la depresión vinculadas a las enfermedades respiratorias. Relevancia de la evaluación funcional: Se aplican escalas y pruebas para determinar la capacidad física, cognitiva y emocional del paciente, lo que permite evaluar la efectividad del plan de RP. Entrenamiento de la fuerza: Se sugiere realizar ejercicios que involucren múltiples articulaciones, controlando la velocidad y programando descansos adecuados para evitar un aumento excesivo de la actividad del sistema simpático (101).

CONCLUSIÓN

La ventilación mecánica constituye un pilar fundamental en la atención de pacientes con insuficiencia respiratoria severa, actuando como un sustituto o apoyo a la función pulmonar cuando ésta se ve comprometida. Este método es crucial para preservar la vida al optimizar el intercambio gaseoso, facilitando la oxigenación de la sangre y, de ese modo, permitiendo que las células del cuerpo realicen sus actividades metabólicas de manera adecuada. Su operación se basa en la aplicación de presión positiva que impulsa el aire hacia los pulmones, ayudando a superar la incapacidad del individuo para realizar este proceso de manera autónoma. Al reducir el trabajo respiratorio, esta técnica es esencial para el tratamiento en la unidad de cuidados intensivos y en escenarios de emergencia.

Por otro lado, la aplicación de este soporte ventilatorio requiere una consideración cuidadosa de sus diferentes modalidades, las cuales se ajustan a las necesidades específicas de cada persona. Se distinguen principalmente los tipos invasivo, que requiere la inserción de un tubo en la vía aérea, y no invasivo, que utiliza una mascarilla. De igual forma, el sistema dispone de diversos modos de funcionamiento, como el controlado, donde el equipo se encarga de la respiración por completo, o el asistido, que se activa con el propio esfuerzo del paciente. La selección del modo apropiado es vital, ya que permite al médico un control preciso sobre la presión y el volumen suministrado. Esta personalización del tratamiento es clave para una intervención exitosa y evitar la dependencia a largo plazo del equipo.

Además, a pesar de sus beneficios, el uso de asistencia respiratoria puede derivar en una serie de consecuencias adversas que deben ser prevenidas. Se destacan las lesiones conocidas como barotrauma, causada por la presión excesiva, y volutrauma, por el volumen excesivo, las cuales pueden dañar severamente los alvéolos. De manera similar, el atelectrauma surge de volúmenes insuficientes y puede ser contrarrestado con una adecuada fuerza al final de la espiración, mientras que el biotrauma inicia una respuesta inflamatoria sistémica. Dichas afectaciones resaltan la importancia de una supervisión constante y una programación rigurosa de la máquina.

Es por esto que, el manejo del dispositivo demanda una programación minuciosa para evitar complicaciones y garantizar el bienestar del paciente. La infección pulmonar

vinculada al ventilador es un riesgo significativo, a menudo resultado de la intubación prolongada y no directamente de la máquina. Asimismo, pueden presentarse lesiones en la tráquea y la laringe. En consecuencia, es imprescindible ajustar correctamente los parámetros del equipo, como la proporción de oxígeno inhalado para prevenir daños en los pulmones y la presión positiva al final de la espiración para conservar abiertos los alvéolos.

Con respecto, la rehabilitación post-intubación es crucial para optimizar la recuperación funcional y prevenir complicaciones respiratorias contribuyendo a una transición más segura hacia la inspiración autónoma. Este enfoque estratégico en el entorno hospitalario ayuda a disminuir los reingresos a ventilación mecánica y a acortar la estancia en cuidados intensivos. Así mismo, para evaluar la función pulmonar se utilizan diversas pruebas que son fundamentales para el diagnóstico tanto para el seguimiento y pronóstico de las enfermedades respiratorias.

En definitiva, las estrategias de rehabilitación pulmonar incluyen tanto ejercicio físico y fisioterapia respiratoria que fortalecen los músculos respiratorios y mejoran la ventilación. En relación a la práctica regular esta reduce la fatiga respiratoria y mejora la calidad de vida. Además, las técnicas de respiración y el entrenamiento respiratorio son esenciales para que el paciente aprenda a respirar correctamente, maximizando los beneficios del tratamiento. Para esto, se emplean técnicas específicas como labios fruncidos y esfuerzo con pesas o bandas elásticas, adaptados a las capacidades de cada individuo.

También se incluyen ejercicios diafragmáticos para fortalecer los músculos principales de la respiración en pacientes con enfermedades obstructivas o restrictivas. En resumen, la rehabilitación pulmonar es un pilar fundamental en el tratamiento de afecciones respiratorias que se apoya en una evaluación precisa de la función pulmonar y en un plan de tratamiento personalizado que combina fisioterapia, ejercicio y técnicas de respiración para asegurar una recuperación integral y sostenible.

A lo anterior se suma que los protocolos de rehabilitación pulmonar post-intubación representan un componente decisivo en la recuperación de personas sometidas a ventilación mecánica. Estos esquemas no sólo orientan la práctica clínica, sino que también constituyen una herramienta capaz de estructurar el proceso de destete de

manera segura y progresiva. La implementación organizada de estrategias como el entrenamiento de la musculatura inspiratoria, la fisioterapia pulmonar y la movilización temprana se traduce en beneficios medibles, tanto en parámetros funcionales como en la reducción de complicaciones ventilatorias, la disminución de fatiga muscular y el incremento de la probabilidad de éxito en la extubación.

Al analizar los efectos de estas estrategias, resulta evidente que su verdadero valor no radica únicamente en la aplicación de técnicas aisladas, sino en la integración de un enfoque multidisciplinario. La coordinación entre intensivistas, terapeutas ventilatorios y personal de enfermería permite adaptar las intervenciones a las características individuales de cada individuo, respetando su condición clínica y sus posibilidades de recuperación. De este modo, la rehabilitación post-intubación deja de ser un procedimiento complementario para convertirse en una estrategia terapéutica esencial que determina la calidad y seguridad del proceso de destete ventilatorio.

Los resultados clínicos respaldan esta visión, los sujetos sometidos a programas de rehabilitación estructurados presentan mejoras en parámetros como la presión inspiratoria máxima y el volumen corriente, indicadores que reflejan una mayor capacidad ventilatoria. A su vez, la reducción del índice de respiraciones rápida y superficial contribuye a una transición más estable hacia la respiración autónoma. Estos logros se traducen en una menor estancia en la unidad de cuidados intensivos, menor riesgo de reintubación y una recuperación funcional acelerada. Además, los protocolos han demostrado que favorecen la movilidad temprana y reducen las complicaciones derivadas de la inmovilidad prolongada, como la debilidad muscular adquirida en UCI

Otro aspecto fundamental es el impacto que estas intervenciones tienen más allá del entorno hospitalario. El seguimiento con técnicas de entrenamiento ventilatorio y programas de fortalecimiento periférico no solo mejoran la evolución inmediata, sino que también prolongan sus efectos hacia la calidad de vida tras el alta. Las personas que reciben un programa de rehabilitación bien estructurado logran mayor dependencia funcional, menor dependencia de soporte ventilatorio y una reincorporación más rápida a las actividades cotidianas. En este sentido, dichas medidas no solo representan una estrategia de recuperación en el corto plazo, sino también una inversión en el bienestar y autonomía futura del paciente.

En este panorama, los lineamientos de rehabilitación pulmonar post-intubación deben entenderse como un pilar complementario de soporte ventilatorio, con la misma relevancia que las modalidades aplicadas durante la fase crítica. La evidencia clínica respalda su eficacia y coincide en que la organización estructurada de intervenciones pulmonares y de movilidad constituye la base para reducir riesgos, optimizar el destete y garantizar una recuperación integral.

Es esencial que los programas de rehabilitación postextubación en las unidades de cuidados intensivos se modernicen e integren de forma sistemática, destacando la necesidad de incluir ejercicios concretos para la recuperación funcional. Asimismo, es fundamental que la capacitación del personal de salud incluya directrices claras para la movilización activa temprana ya que estos factores ayudan a la recuperación y reducen las secuelas físicas. Desde la perspectiva laboral, es vital reconocer la relevancia de esta rehabilitación para aumentar la calidad de vida y facilitar la reintegración de los pacientes.

A nivel nacional, se sugiere la creación y estandarización de programas que aseguren la continuidad de la rehabilitación desde la UCI hasta el alta hospitalaria y el seguimiento ambulatorio garantizando un enfoque integral y adaptado a cada individuo. Los estudios actuales respaldan que una recuperación bien organizada y un sistema de salud eficiente mejoran los resultados funcionales y reducen la carga socioeconómica relacionada con la discapacidad post-UCI. Por ello, la revisión de las guías clínicas y la formación continua del equipo multidisciplinario son pasos cruciales para mejorar la atención después de la extubación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hyzy R, Sparron J. Descripción general del inicio de la ventilación mecánica invasiva en adultos en la Unidad de Cuidados Intensivos. [Online]; 2025. Acceso 28 de marzo de 2025. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/overview-of-initiating-invasive-mechanical-ventilation-in-adults-in-the-intensive-care-unit/print>.
2. Toral Freyre S. Evolución histórica de la rehabilitación pulmonar y sus alcances científicos en México. NCT Neumología y Cirugía de Tórax. 2024; S1(s65-69). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=114811>
3. Vaishali K, Sinha MK, Maiya A, Bhat A. Los pasos iniciales en la rehabilitación pulmonar: ¿Cómo empezó todo? Lung India. 2019; 36(2)(139-141). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6410601/>
4. Valparaíso UC. Problemas y rehabilitación después de la ventilación mecánica. [Online]; 2019. Acceso 28 de marzo de 2025. Disponible en: <https://www.pucv.cl/uuaa/ciencias/noticias/problemas-y-rehabilitacion-despues-de-la-ventilacion-mecanica>.
5. Le bourdelles G, Viires N, Boczkowski J, Seta N, Pavlovic D, Aubier M. Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile properties in rats. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 1994; 149(6)(1539-44). Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/ajrccm.149.6.8004310>
6. Gayan-Ramirez G, M D. Effects of mechanical ventilation on diaphragm function and biology. National Library of Medicine. 2002; 20(6)(1579-86). Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/20/6/157>
7. Sanford L, Nguyen T, Nyali T, Friscia M, Murat B, Rothenberg P, et al. Rapid Disuse Atrophy of Diaphragm Fibers in Mechanically Ventilated Humans. The new england journal of medicine. 2008; 358(13). Disponible en: <https://surl.li/hiujsk>

8. Goñi-Viguria R, Yoldi-Arzo E, Casajús-Sola L, Aquerreta-Larraya T, Fernández-Sangil P, Guzmán-Unamuno E, et al. Fisioterapia respiratoria en la Unidad de Cuidados Intensivos. Elsevier. 2019; 29(4). Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-intensiva-142-articulo-fisioterapia-respiratoria-unidad-cuidados-intensivos-S1130239918300580>
9. Suzannem C, Lareau R, Bonnie F, Meek P, Wang A. Chronic Obstructive Pulmonary Disease. [Online]; 2019. Acceso 18 de abril de 2025. Disponible en: <https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/copd-intro.pdf>.
10. Organización Mundial de la Salud. OMS. [Online]; 2024. Acceso 18 de abril de 2025. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)).
11. Hoffman M. WebMD. Obstructive and Restrictive Lung Disease. [Online]; 2024. Acceso 18 de abril de 2025. Disponible en: https://www.webmd.com.translate.goog/lung/obstructive-and-restrictive-lung-disease/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=tc.
12. Sobradillo Peña V. la rehabilitación respiratoria en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Elsevier. 2001; 37(3). Disponible en:
13. Hopkins J. Restrictive Lung Disease. [Online]; 2025. Acceso 18 de abril de 2025. Disponible en: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/restrictive-lung-disease>.
14. Martinez-Pitre PJ, Sabbula BR, Cascella M. Restrictive Lung Disease. [Online]; 2023. Acceso 18 de abril de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK560880/#article-90190.s9>.
15. Srinivasan R, Dhamdhare S, Gopal N. Rehabilitación pulmonar en enfermedades pulmonares intrínsecas restrictivas. [Online]; 2014. Acceso 18 de abril de 2025. Disponible en: <https://now.aapmr.org/pulmonary-rehabilitation-in-intrinsic-restrictive-lung-diseases/>.
16. Herridge M, Tansey CM, Matté A, Tomlinson G. Functional disability 5 years after acute respiratory distress syndrome. PubMed. 2011; 364(14)(1293-304).Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21470008/>

17. Policlínico Zacamil. Instituto salvadoreño seguro social. [Online]; 2020. Acceso 2025 de abril de 2025. Disponible en: <https://www.issv.gob.sv/policlinico-zacamil-habilita-programa-de-rehabilitacion-pulmonar/>.
18. Ministerio de Salud. Primer Centro de Rehabilitación Pulmonar y Post COVID-19 en la Zona Oriental. [Online]; 2021. Acceso 18 de abril de 2015. Disponible en: <https://www.salud.gob.sv/primer-centro-de-rehabilitacion-pulmonar-y-post-covid-19-en-la-zona-oriental/>.
19. National Heart, Lung, and Blood Institute. NIH. [Online]; 2022. Acceso 11 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/pulmones>.
20. Corp A, Thomas C, Adlam M. Ventilación mecánica. [Online]; 2017. Acceso 11 de junio de 2025. Disponible en: <https://my.clevelandclinic.org/translate/goog/health/treatments/15368-mechanical-ventilation? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=tc& x tr hist=true>.
21. Gómez Grande M, Esquinas Rodríguez A. Ventilación no invasiva en las Unidades de Cuidados Intensivos. Parte I. [Online]; 2007. Acceso 11 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130239907744024?via%3Dihub>.
22. Muñoz Gutierrez F. Ventilación mecánica. Acta Med Peru. [Online]; 2011. Acceso 19 de junio de 2025. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006.
23. Cristancho Gómez W. Fundamentos de fisioterapia respiratoria y ventilación mecánica ed. 3, editor. México: Manual moderno; 2020.
24. Chiappero G. Ventilación mecánica: Libro del Comité de Neumonología Crítica de la SATI. ed 2, editor. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2011.
25. Cediel X, Rebellón D, Caicedo Y, Méndez Y. Enfoque del paciente crítico y ventilación mecánica para no expertos. En Ltda BE, editor. Enfoque del paciente

- crítico y ventilación mecánica para no expertos. Colombia: Búhos Editores; 2020. p. 440.
26. Deden K. Draeger AG & Co. [Online]; 2015. Acceso junio de 14 de 2025. Disponible en: <https://www.draeger.com/Content/Documents/Content/nomenklatur-bk-9067655-es.pdf>.
 27. Swindin J, Sampson C, Howatson A. National Library Of Medicine. Airway pressure release ventilation. [Online]; 2020. Acceso 10 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2019.03.001>.
 28. Singh G, Chien C, Patel S. National Library Of Medicine. Pressure Regulated Volume Control. [Online]; 2019. Acceso 10 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2019.03.001>.
 29. Ramos GL, Vales S. Barcelona: Marge Médica. 1st ed. Ramos Gomez L VS, editor. barcelona: Marge medica Book; 2012.
 30. Ioannidis G, Lazaridis G, Baka S, Mpoukovinas I, Karavasilis V, Lampaki S, et al. National Library Of Medicine. Barotrauma and pneumothorax. [Online]; 2015. Acceso 10 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.01.31>.
 31. Curley G, Laffey J, Zhang H, Slutsky A. National Library Of Medicine. Ventilator-Induced Lung Injury: Clinical Implications. Chest. [Online]; 2016. Acceso 15 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.07.019>.
 32. Almanzar A, Danckers M. PubMed. [Online]; 2022. Acceso 16 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554561/>.
 33. Santiago-Rosa L, Sigmon D, Lewison C. PubMed. [Online]; 2020. Acceso 16 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500015/>.
 34. Jagpal N, Shabbir N. Subglottic Stenosis. [Online]; 2021. Acceso 16 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563265/>.

35. López-Herce J, Carrillo A. Ventilación mecánica: indicaciones, modalidades y programación y controles. Cuidados intensivos pediátricos. 2008; 6(6). Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-anales-pediatria-continuada-51-articulo-ventilacion-mecanica-indicaciones-modalidades-programacion-S1696281808755975>
36. Barach A, Martin J, Eckman M. Positive pressure respiration and its application to the treatment of acute pulmonary edema. Annals of Internal Medicine. 1938; 12(6).
37. Mora A, Mora J. Positive End-Expiratory Pressure. [Online]; 2019. Acceso 16 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441904/>.
38. Chourpiladis C, Bhardwaj A. Physiology, Respiratory Rate. [Online]; 2022. Acceso 20 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537306/>.
39. Chiappero G, Fernando R, Setten M. Ventilación mecánica libro del Comité de Neumonología Crítica SATI , editor. Buenos Aires: SATI; 2018.
40. Badía M, Neus M, Serviá L, Baeza I, Vilanova J. Complicaciones graves en la intubación orotraqueal en cuidados intensivos: estudio observacional y análisis de factores de riesgo. [Online]; 2015. Acceso 26 de Abril de 2025. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2014.01.003>.
41. Beebe D. ResearchGate. Complicaciones de la intubación traqueal. University of Minnesota. [Online]; 2001. Acceso 10 de Septiembre de 2025. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257109801_Complications_of_tracheal_intubation.
42. Gupta P, Gupta K, Jain M, Garg T. National Library Of Medicine. Postprocedural chest radiograph: Impact on the management in critical care unit. [Online]; 2014. Acceso 11 de Septiembre de 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4173625/>.
43. Cooper J. National Library Of Medicine. Tracheal Injuries Complicating Prolonged Intubation and Tracheostomy. Thorac Surg Clin. [Online]; 2018. Acceso 27 de abril de 2025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29627046/>.

44. Loeser E, Hodges M, Gliedma J, Stanley T, Johansen R, Yonetani D. National Library Of Medicine. Tracheal pathology following short-term intubation with low- and high-pressure endotracheal tube cuffs. [Online]; 2013. Acceso 5 de Septiembre de 2025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/568428/>.
45. Tu H, Saidi N, Menival V, Leiutaud T, Duvaldestin P. National Library Of Medicine. El óxido nitroso aumenta la presión del manguito endotraqueal y la incidencia de lesiones traqueales en pacientes anestesiados. [Online]; 2000. Acceso 10 de Julio de 2025. Disponible en: [Anesthesia & Analgesia](#)
46. Kaplan J, Schuster D. Consecuencias fisiológicas de la intubación traqueal. Clínicas de Medicina Torácica. St. Louis, Missouri.. 2021; 12(3). Disponible en:
47. Patwa A, Shah A. National Library Of Medicine. Anatomy and physiology of respiratory system relevant to anaesthesia. [Online]; 2015. Acceso 28 de abril de 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4613399/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20optimiza%20la%20ventilaci%C3%B3n%20y,%C3%A1rboles%20traqueobronquiales%20ventilaci%C3%B3n%20Dperfusi%C3%B3n>.
48. Bertschi D, Rotondo F, Waskowski J, Venetz P, Pfortmueller C, Schefold J. ioMedCentral. Disfagia post-extubación en la UCI: una revisión narrativa: epidemiología, mecanismos y gestión clínica. [Online]; 2025. Acceso 28 de abril de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13054-025-05492-7>.
49. Díaz M, Ospina G, Salazar B. Archivos de bronconeumología C.Respiratory Muscle Dysfunction: A Multicausal Entity in the Critically Ill Patient Undergoing Mechanical Ventilation. [Online]; 2014. Acceso 29 de abril de 2025. Disponible en: <https://www.archbronconeumol.org/en-respiratory-muscle-dysfunction-a-multicausal-articulo-S1579212914000196>.
50. Balsamo R, Lanata L, Egan G. National Library Of Medicine. Mucoactive drugs. [Online]; 2010. Acceso 29 de Abril de 2025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20956181/>.
51. Lucchini A, Zanella A, Bellani G, Gariboldi R, Foti G, Pesenti A, et al. National Library Of Medicine. Tracheal secretion management in the mechanically

- ventilated patient: comparison of standard assessment and an acoustic secretion detector. *Respir Care*. [Online]; 2011. Acceso 9 de mayo de 2025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21276316/>.
52. Ridling D, Martin D, Bratton S. ResearchGate. Endotracheal suctioning with or without instillation of isotonic sodium chloride solution in critically ill children. [Online]; 2003. Acceso 9 de mayo de 2025. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4037/ajcc2003.12.3.212>.
 53. Gómez M, González V, Olguin G, Rodríguez H. Manejo de las secreciones pulmonares en el paciente crítico. *Enfermería Intensiva*. 2019; 21(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2009.10.003>
 54. Kaygusuz R, Yurdalan U, Yilmaz B, Adıgüzel N. National Library Of Medicine. Effect of post-extubation inspiratory muscle training on diaphragmatic function in mechanically ventilated patients: A randomized controlled trial. [Online]; 2024. Acceso 15 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.17219/acem/174815>.
 55. Siao SF, Ku SC, Tseng WH, Wei YC, Chang YC, Hsiao TY, et al. BioMedCentral. Effects of a swallowing and oral-care program on resuming oral feeding and reducing pneumonia in patients following endotracheal extubation: a randomized, open-label, controlled trial. [Online]; 2023. Acceso 17 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04568-6>.
 56. Dong Z, Liu Y, Gai Y, Meng P, Lin H, Zhao Y, et al. BioMedCentral. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation: a randomised control study. *BMC Pulmonary Medicine*. [Online]; 2021. Acceso 17 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://bmcpulmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-021-01461-2>.
 57. Gold W, Koth L. National Library Of Medicine. Pulmonary Function Testing. [Online]; 2016. Acceso 17 de mayo de 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7158317/>.
 58. Stanojevic S, Kaminsky D, Miller M, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, et al. National Library Of Medicine. ERS/ATS technical standard on interpretive

- strategies for routine lung function tests. [Online]; 2022. Acceso 17 de mayo de 2025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34949706/#full-view-affiliation-16>.
59. Ashkin D, Celli B, Decramer M, Liu D, Burkhart D, Cassino C, et al. National Library Of Medicine. Bronchodilator responsiveness in patients with COPD. [Online]; 2008. Acceso 17 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/09031936.00129607>.
 60. Paine N, Joseph M, Bacon S, Julien C, Cartier A, Ditto B, et al. National Library Of Medicine. Association Between Depression, Lung Function, and Inflammatory Markers in Patients with Asthma and Occupational Asthma. J Occup Environ Med. [Online]; 2019. Acceso 17 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000001562>.
 61. Ponce M, Sankari A, Sharma S. National Library Of Medicine. Pruebas de Función Pulmonar. [Online]; 2023. Acceso 17 de Mayo de 2015. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482339/>.
 62. Flesch J, Dine J. National Library Of Medicine. Lung volumes: measurement, clinical use, and coding. [Online]; 2012. Acceso 17 de mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1378/chest.11-2964>.
 63. Brown R, Leith D, Enright P. National Library Of Medicine. Multiple breath helium dilution measurement of lung volumes in adults. [Online]; 1998. Acceso 28 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/09031936.98.11010246>.
 64. Hopkins E, Sharma S. National Library Of Medicine. Physiology, Functional Residual Capacity. [Online]; 2022. Acceso 28 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500007/>.
 65. Coates A, Peslin R, Rodenstein D, Stocks J. National Library Of Medicine. Measurement of lung volumes by plethysmography. [Online]; 1997. Acceso 28 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10061415>.
 66. Moscato G, Godnic J, Maestrelli J. National Library Of Medicine. Statement on self-monitoring of peak expiratory flows in the investigation of occupational

- asthma. Subcommittee on Occupational Allergy of European Academy of Allergy and Clinical Immunology. [Online]; 1995. Acceso 28 de Mayo de 2025. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0091-6749\(95\)70048-x](https://doi.org/10.1016/s0091-6749(95)70048-x).
67. Park D, Moore V, Burge C, Jaakkola M, Robertson A. National Library Of Medicine. Serial PEF measurement is superior to cross-shift change in diagnosing occupational asthma. [Online]; 2009. Acceso 28 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1183/09031936.00150108>.
68. Schoor N, Jongh R, Lips P, Deeg D, Kok A. National Library Of Medicine. Long-term trajectories of peak expiratory flow rate in older men and women show linear decline mainly determined by baseline levels. [Online]; 2024. Acceso 28 de Mayo de 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02735-5>.
69. Polk B, Dinakar C. Management of acute loss of asthma control: yellow zone strategies. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2019; 19(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000512>
70. Montoya F, Alvarenga C. MINSAL. Lineamientos técnicos para la rehabilitación pulmonar en pacientes post COVID-19. [Online]; 2021. Acceso 28 de Agosto de 2025. Disponible en: https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/lineamientos/lineamiento_tecnico_rehabilitacion_pulmonar_post_covid19_v1.pdf.
71. Cortés A, Morales J, Ortiz D. Estrategias actuales en el manejo de las secreciones traqueobronquiales. *Estrategias actuales en el manejo de las secreciones traqueobronquiales*. 2019; 78(3). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462019000300313
72. Chen S, Liao S, Lin Y, Huang C, Ho S, Chang J. Outcomes of different pulmonary rehabilitation protocols in patients under mechanical ventilation with difficult weaning. a retrospective cohort study. 2024; 25(242). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12931-024-02866-3>
73. Xingyu X, Dandan Z, Shouzhen C. Effects of pulmonary rehabilitation on respiratory function in mechanically ventilated patients. a systematic review and

- meta-analysis. 2025; 25(4). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12890-024-03461-4>
74. Casey J, Vaughan E, Lloyd B, Bilas P, Hall E, Toporek A. Protocolized Post-Extubation Respiratory Support to prevent reintubation: protocol and statistical analysis plan for a clinical trial. Protocolized Post-Extubation Respiratory Support to prevent reintubation: protocol and statistical analysis plan for a clinical trial. 2019; 9(8). Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-030476>
 75. Romaszko A, Szalecki , Michal , Olech K, Doboszyńska A. Assessment of the Function of Respiratory Muscles in Patients after COVID-19 Infection and Respiratory Rehabilitation. Assessment of the Function of Respiratory Muscles in Patients after COVID-19 Infection and Respiratory Rehabilitation. 2023; 1(57). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8010057>
 76. Aymerich C, Rodríguez M, Solana G, Farré R, Otero J. Low-Cost Open-Source. Device to Measure Maximal Inspiratory and Expiratory Pressures.; 12(1). Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.719372>
 77. Klein S, Gulart A, Venâncio R, Munari A, Gavenda S, Martins A, et al. Performance difference on the six-minute walk test on tracks of 20 and 30 meters for patients with chronic obstructive pulmonary disease. validity and reliability. 2021; 25(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.01.001>
 78. Da L, Zhang K. Early pulmonary rehabilitation in ARDS patients: Effects on respiratory function and long-term outcomes. A retrospective study. 2024; 103(51). Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000041023>
 79. Paz LBBPT, Welma. S. COVID-19: the importance of physical therapy in the recovery of workers' health. COVID-19: the importance of physical therapy in the recovery of workers' health. 2021; 19(1). Disponible en: <https://doi.org/10.47626/1679-4435-2021-709>
 80. Xia X, Xia K, Yao X, Song J, Liu Y, Liu X, et al. Factores que influyen en el cumplimiento de la rehabilitación pulmonar en pacientes con EPOC estable. un estudio transversal. 2025; 2025(20). Disponible en: <https://doi.org/10.2147/COPD.S506248>

81. Lutfi M. The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. 2017; 12(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40248-017-0084-5>
82. Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. 2006; 1(3). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18046878/>
83. Rodríguez R, Burgos F, Roca J, Barberá J, Marrades R. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. 1999; 14(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1183/09031936.99.14614549>
84. Rossiter C, Weill H. Ethnic differences in lung function: evidence for proportional differences. 1974; 3(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ije/3.1.55>
85. Ruppel G. What is the clinical value of lung volumes? 2012; 57(1). Disponible en: <https://doi.org/10.4187/respcare.01374>
86. Maiolo C, Mohamed E, Carbonelli M. Body composition and respiratory function. 2003; 40(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0023-0>
87. Sue D. Obesity and pulmonary function: more or less? 1997; 111(4). Disponible en: <https://doi.org/10.1378/chest.111.4.844>
88. Jones R, Nzekwu M. The effects of body mass index on lung volumes. 2006; 130(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1378/chest.130.3.827>
89. Pulgarin C. Generalidades de la medicina crítica o intensivista. 2019; 3(2). Disponible en: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/3.\(2\).abril.2019.376-394](https://doi.org/10.26820/reciamuc/3.(2).abril.2019.376-394)
90. Shenoy M, Paul V. StatPearls. Rehabilitación Pulmonar. [Online]; 2025. Acceso 21 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563166/>
91. Ries A, Make B, Lee S, Krasna M, Bartels M, Crouch R, et al. National Emphysema Treatment Trial Research Group. The effects of pulmonary rehabilitation in the national emphysema treatment trial. 2005; 128(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1378/chest.128.6.3799>

92. Gordon C, Waller J, Cook R, Cavalera S, Lim W, Osadnik C. Effect of Pulmonary Rehabilitation on Symptoms of Anxiety and Depression in COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2019; 156(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.04.009>
93. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. 2003; 167(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1164/rccm.167.2.211>
94. Society AT, Association AL. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-. 1999; 161(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.1.ats11-99>
95. Harada H, Yamashita Y, Misumi K, Tsubokawa N, Nakao J, Matsutani J, et al. Multidisciplinary team-based approach for comprehensive preoperative pulmonary rehabilitation including intensive nutritional support for lung cancer patients. 2013; 8(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059566>
96. Mendoza L, Horta P. Educación en los programas de rehabilitación respiratoria de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. 2011; 27(2). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482011000200009>
97. Rochweg B, Laurent B, Elliott M, Hess D, Hill N, Nava S, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure.. 2017; 50(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1183/13993003.02426-2016>
98. Daoud A, Haider S, Sankari A. Noninvasive Ventilation and Spinal Cord Injury. 2020; 15(4). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2020.08.006>
99. Rebecca C, Hart N, Kaltsakas G. High-flow therapy: physiological effects and clinical applications. 2020; 16(4). Disponible en: <https://doi.org/10.1183/20734735.0224-2020>
- 100 Donoso A, Cruces P. Daño pulmonar inducido por ventilación mecánica y estrategia ventilatoria convencional protectora. 2007; 78(3). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062007000300002>

101 García M, Jaén C, Hernández S, Poveda E, Lozano C. Recomendaciones para la rehabilitación respiratoria extrahospitalaria en pacientes con COVID persistente. 2022; 45(1). Disponible en: <https://dx.doi.org/10.23938/assn.0978>