

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



**INFORME FINAL DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:
VENTILACIÓN MECÁNICA EN CUIDADOS CRÍTICOS**

**TÍTULO DEL INFORME FINAL:
TÉCNICAS DE RESCATE ANTE UN COLAPSO ALVEOLAR PROVOCADO POR
UN NEUMOTÓRAX**

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

PRESENTADO POR:
LISSETH GUADALUPE TORRES RAMOS N° CARNET TR19008
EDGAR JOSE ZELAYA GALEANO N° CARNET ZG15009
AMALIA MARÍA ZELAYA GÓMEZ N° CARNET ZG15007

DOCENTE ASESOR:
LIC. JUAN ALEXIS BARAHONA PORTILLO

OCTUBRE DE 2024
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES**



RECTOR:

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADÉMICA:

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIO:

LICDA. ANA RUTH AVELAR

FISCAL GENERAL:

LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
AUTORIDADES**



DECANO:

MSC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO

VICEDECANA:

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA

SECRETARIO:

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ

DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:

MTRO. EVER ANTONIO PADILLA LAZO

DIRECTOR DE LA ESCUELA O JEFE DE DEPARTAMENTO:

DR. AMADEO ARTURO CABRERA GUILLÉN

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:

LIC. JORGE PASTOR FUENTES CABRERA

Resumen	5
INTRODUCCIÓN	7
CUERPO O DESARROLLO	12
Aparato respiratorio.....	12
Estructura y función	12
Neumotórax.....	16
Antecedentes del neumotórax	16
Etiología del neumotórax.....	21
Exploración física y clínica	25
Tratamiento del neumotórax.....	26
Modalidades ventilatorias más frecuentes.....	31
Curvas en ventilación mecánica	35
Modos ventilatorios para tratar un neumotórax.....	36
Colapso alveolar.....	41
Reclutamiento alveolar	42
Maniobras de reclutamiento alveolar	45
Maniobras de reclutamiento alveolar ventilatorias	50
Ejemplos de reclutamiento alveolar	51
CONCLUSIÓN.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

Resumen

El colapso alveolar, una complicación frecuente y potencialmente grave asociada al neumotórax, representa un desafío terapéutico en la práctica clínica por lo que, las maniobras de reclutamiento de los alvéolos emergen como una prometedora estrategia para revertir este cuadro. Este ensayo profundiza en los elementos fisiológicos, la evidencia científica y las consideraciones de ventilación mecánica de esta intervención. Siendo el principal objetivo describir y analizar la eficacia y seguridad de las maniobras de reclutamiento y también darles a conocer a los profesionales de salud, estudiantes, técnicos y todo interesado de qué manera puede ser factible tratar a estos pacientes con dicha patología, y dar el manejo correspondiente. De igual manera se abarca la fisiología respiratoria normal porque al conocerla se explica como esta fisiopatología llega a causar daños reversibles o irreversibles en el paciente. Al adentrarse en la fisiopatología del neumotórax se comprende cómo esta condición, causada por diversos factores como traumatismos, procedimientos médicos o enfermedades pulmonares subyacentes conducen al colapso pulmonar y compromete gravemente el intercambio gaseoso, así mismo dando a conocer sus clasificaciones que se centran en espontáneo, traumático, iatrogénico, catamenial, y a tensión, detallando sus causas, sus complicaciones y su gravedad, entrando de lleno seguidamente en la ventilación mecánica como base para entender la relevancia en conocer las diversas maniobras de reclutamiento alveolar, cómo estas se verán reflejadas en el ventilador y el uso adecuado para proporcionar la estrategia en donde se basa en tratar de abrir los alvéolos colapsados, siendo su uso individualizado y basado en la evidencia científica disponible.

Palabras claves: Reclutamiento alveolar, neumotórax, ventilación mecánica invasiva y no invasiva, maniobras de reclutamiento.

Abstract

Alveolar collapse, a frequent and potentially serious complication associated with pneumothorax, represents a therapeutic challenge in clinical practice, which is why alveoli recruitment maneuvers emerge as a promising strategy to reverse this condition. This essay delves into the physiological elements, scientific evidence, and mechanical ventilation considerations of this intervention. The main objective being to describe and analyze the effectiveness and safety of the recruitment maneuvers and also to make health professionals, students, technicians and anyone interested know how it may be feasible to treat these patients with said pathology, and give the corresponding management. In the same way, normal respiratory physiology is covered because knowing it explains how this pathophysiology causes reversible or irreversible damage to the patient. When delving into the pathophysiology of pneumothorax, it is understood how this condition, caused by various factors such as trauma, medical procedures or underlying lung diseases, leads to lung collapse and seriously compromises gas exchange, also revealing its classifications that focus on spontaneous, traumatic, iatrogenic, catamenial, and tense, detailing its causes, complications and severity, then fully entering into mechanical ventilation as a basis for understanding the relevance of knowing the various alveolar recruitment maneuvers, how these will be reflected in the ventilator. and the appropriate use to provide the strategy where it is based on trying to open the collapsed alveoli, its use being individualized and based on the available scientific evidence.

Keywords: Alveolar recruitment, pneumothorax, invasive and non-invasive mechanical ventilation, recruitment maneuvers.

INTRODUCCIÓN

El colapso alveolar también conocido como atelectasia, se caracteriza por la disminución o ausencia de aire en los alvéolos pulmonares. Esta condición compromete seriamente la capacidad del ser humano para oxigenar la sangre de manera adecuada, lo que puede llevar a una insuficiencia respiratoria si no se trata de forma oportuna y correcta. En el ámbito clínico, el conocimiento detallado y la aplicación efectiva de técnicas de rescate ante un colapso de los alvéolos son de suma importancia para salvaguardar la vida de los pacientes.

Se debe agregar que esto lleva al propósito de realizar este ensayo, teniendo en cuenta los datos de la Revista Americana de Medicina Respiratoria “cuya incidencia de neumotórax oscila entre 5-10 personas por cada 100,000 habitantes, con una relación hombre-mujer de 6:1 y una edad de presentación entre los 16-24 años” (1). Esto quiere decir, que en la práctica es cada vez más común encontrarse con pacientes que tienen comprometida de gravedad su vida al verse afectado uno de los órganos principales para el sustento de esta como son los pulmones a causa de esta patología.

Puesto que, lo mencionado anteriormente hace ver la necesidad de indagar más en esta problemática, el presente ensayo lleva por título técnica de rescate ante un colapso alveolar provocado por un neumotórax con el que se pretende dar a conocer la fisiopatología de esta patología, a través de los síntomas y signos específicos, así como también la descripción de técnicas de rescate bajo ventilación mecánica para el tratamiento del mismo, en donde se definen los conceptos básicos sobre este, así como las diferentes modalidades que podrían utilizarse para dicho tratamiento.

Así mismo, un neumotórax se define como el colapso pulmonar que ocurre cuando el aire entra en el espacio entre los pulmones y la pared torácica. Puede ser causado por una laceración pulmonar, una disrupción de la pared torácica, de la vía aérea o de la pared esofágica, lesiones, enfermedades, ampollas de aire rotas o ventilación mecánica, y ser grave o potencialmente mortal (2). Es preciso tener presente el descubrimiento de los Rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, siendo este un avance transformador en la medicina, ya que para poder tratar esta patología dependían mucho de la observación clínica, procedimientos invasivos para poder realizar diagnósticos siendo

esto un principal factor de limitaciones para poder comprender y visualizar las lecturas internas del cuerpo y así descifrar lo que ocasionaba o causaba este problema. Por lo cual, lo que surge en la necesidad de la actualidad es la importancia de conocer las técnicas de rescate que se pueden usar, por lo que el presente ensayo tiene por finalidad dar a conocer dichas técnicas las cuales se usan para mejorar el estado del paciente. Los siguientes párrafos dan a conocer algunas definiciones, antecedentes y avances.

En el artículo de una revista colombiana del año 2011 se da a conocer un estudio clínico que se basó en la ventilación mecánica en un trauma de tórax severo que ocasionó neumotórax, debido a la alta mortalidad que se dio en ese año, donde el 50% de pacientes en estos casos fallece. Es por lo que surgió la necesidad de la investigación, donde se dieron a conocer los modos ventilatorios que son más eficaces para tratar este tipo de diagnóstico, llegando a la conclusión que la modalidad no invasiva, de alta frecuencia y con liberación de presiones de la vía aérea fueron los más aceptables y los que mejores resultados presentaban (3).

Sin embargo, en el artículo de la Revista Virtual Cubana de Anestesiología y Reanimación, en el año 2018 se presentó el caso de un paciente con neumotórax en donde se identificó un modo ventilatorio que resultó en parte eficaz. Se aplicó ventilación mecánica no invasiva con presión positiva continua en la vía respiratoria (CPAP) con una presión positiva al final de la espiración (PEEP) de 10 cmH₂O y una fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) de 55% hasta presentar una mejor estabilidad (4). En la información revisada no existe un artículo que hable sobre el manejo ventilatorio de esta patología, sin embargo, hay una tesis que hace referencia a la fisiopatología y específicamente al manejo adecuado del tubo con el que se trata a estos pacientes. (5).

Considerando que, existen muchos abordajes sobre la patología pero no sobre el rescate de una zona del pulmón debido a la misma, surgió la necesidad de indagar, desarrollar y dar a conocer información relevante sobre las técnicas de rescate alveolar ante un neumotórax, sin embargo, en la Guía De Cirugía General De El Salvador del año 2012; se menciona que “el traumatismo de tórax causante del neumotórax es la causa líder de muerte en pacientes menores de 40 años y el traumatismo torácico es responsable por el 20% de las muertes” (6).

Debido a estos datos el presente ensayo se basó en una recolección de información actualizada por medio de búsquedas virtuales, revistas, sitios web, libros y artículos sobre la problemática a desarrollar. Brindando información teórica y concreta del neumotórax dando a conocer su incidencia, la amplitud que abarca desde las diferentes clasificaciones, así como las técnicas de rescate ante un colapso alveolar y de qué forma aplicarlas.

Por lo que, lo siguiente trata de situaciones en donde el manejo inadecuado de un neumotórax puede llevar a la muerte de un paciente. Por lo tanto, es imperativo que los profesionales de la salud se comprometan con una formación continua y la actualización constante en técnicas de rescate y manejo ventilatorio. Esto incluye no solo el aprendizaje de nuevas técnicas y procedimientos, sino también la revisión y práctica regular de los protocolos establecidos. La educación médica continua, la participación en talleres y cursos especializados, así como la revisión de la literatura médica más reciente, son esenciales para mantener un alto nivel de competencia clínica.

Particularmente, cuando nos enfrentamos a un caso de neumotórax es esencial conocer y dominar cómo tratar esta complicación específica y el manejo ventilatorio adecuado que se debe proporcionar. En contraste con lo anterior, el uso de técnicas incorrectas o carecer del conocimiento sobre las maniobras necesarias, puede provocar daños irreversibles en los pacientes, por ejemplo, un daño pulmonar crónico, fibrosis pulmonar y disminución de la capacidad respiratoria, ya que estas reflejan la reducción de la capacidad y elasticidad del pulmón afectado para realizar sus funciones adecuadamente y lo que podría ocasionar la muerte. De igual manera, pueden incluir daños reversibles desde una insuficiencia respiratoria aguda hasta complicaciones severas como infecciones, etc (7).

Otro tema que aborda este ensayo es el sistema respiratorio, ya que es fundamental para la vida, encargándose de la captación de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono a través de un proceso complejo que implica varias estructuras anatómicas y fisiológicas. Comprender su funcionamiento es crucial para entender cómo se ve afectado por el neumotórax. En condiciones normales, el proceso respiratorio implica la entrada de aire a través de las vías respiratorias superiores (nariz y boca), seguido por

su paso a través de la tráquea hacia los bronquios y finalmente a los alvéolos pulmonares, donde ocurre el intercambio gaseoso. Este intercambio se da gracias a la estructura alveolar, donde el oxígeno pasa a la sangre y el dióxido de carbono es eliminado hacia el aire exhalado.

Ahora bien, conociendo que el neumotórax interrumpe el funcionamiento normal del sistema respiratorio, por lo tanto, afecta el intercambio gaseoso. Hay que mencionar, que etiológicamente se divide en espontáneo (primario-secundario), iatrogénico o adquirido (accidente y ventilación mecánica), traumático (accidentes), catamenial (endometriosis) y a tensión (por un aumento constante de presión entre las pleuras). Siendo cada uno de estos, sin importar cuál, un problema para el paciente. Cada tipo presenta variaciones en su severidad y tratamiento, influenciando las modalidades ventilatorias y estrategias de rescate alveolar requeridas para restablecer la función respiratoria adecuada y prevenir complicaciones graves como el colapso pulmonar. El manejo clínico depende en gran medida de la severidad del colapso y las condiciones de cada caso.

En consecuencia, las modalidades ventilatorias juegan un papel crucial en este contexto, facilitando la oxigenación adecuada y la expansión pulmonar necesaria para restablecer la función respiratoria normal. Entre ellas se encuentran la ventilación mecánica no invasiva e invasiva, la primera se trata de emplear interfaces faciales como mascarillas o cánulas nasales para administrar oxígeno en concentraciones controladas, mientras que la segunda implica el uso de ventiladores mecánicos que administran aire en los pulmones a través de un tubo endotraqueal.

Considerando que, en la ventilación mecánica invasiva se logra tratar un neumotórax bajo presión control, debido a que proporciona las presiones necesarias para un mejor reclutamiento alveolar, se usa con mayor grado de seguridad. En cambio, al utilizar volumen control y no poder enviar la presión correcta que logre abrir los alvéolos colapsados, presenta un riesgo alto de provocar una sobre distensión de estos o una complicación más grave (8).

De esta manera, al programar bajo modalidades ventilatorias se logra el reclutamiento alveolar como una maniobra utilizada para mejorar la expansión pulmonar y optimizar el intercambio gaseoso en pacientes con neumotórax. Otras maniobras

pueden incluir la aplicación de presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) o la ventilación con presión positiva al final de la espiración (PEEP), que ayudan a mantener la permeabilidad de los alvéolos y prevenir el colapso. El uso adecuado de estas requiere una comprensión profunda de la fisiología pulmonar y la monitorización continua del afectado para evitar complicaciones como el barotrauma pulmonar o el deterioro de la función cardiopulmonar.

Se debe agregar que, dentro de la clasificación de presión control existen diferentes modos con características específicas en cuanto a parámetros programables y formas de uso, por lo que se describen cada uno de estos y la manera en que pueden ser aplicados para pacientes con un colapso alveolar producido por algún tipo de neumotórax. Estos comparten una misma finalidad que es proporcionar una presión adecuada que logre la expansión de los alvéolos colapsados.

En resumen, el manejo adecuado del neumotórax y el colapso alveolar asociado requiere un enfoque integral y multidisciplinario que abarque un profundo conocimiento del sistema respiratorio, el uso de modalidades ventilatorias avanzadas, así como la aplicación de técnicas especializadas como las maniobras de reclutamiento. El éxito en el tratamiento de estas afecciones depende de la coordinación de distintos especialistas quienes deben de trabajar de manera conjunta para optimizar la función pulmonar y garantizar la recuperación del paciente.

Es por eso que este ensayo se centra en explorar detalladamente estas áreas claves, con el objetivo de ofrecer una visión actualizada sobre las técnicas y estrategias de rescate esenciales para abordar esta grave condición médica. A lo largo del trabajo se profundizará en los avances más recientes en la terapéutica de la patología, así como las mejores prácticas para el manejo clínico, buscando proporcionar herramientas útiles para la intervención efectiva en estos escenarios.

CUERPO O DESARROLLO

Aparato respiratorio

En cuanto al aparato respiratorio representa una parte fundamental del cuerpo humano que está directamente relacionado con la vida misma, por el hecho de ser el encargado de la respiración en todo ser humano. Carlos A. Asenjo y Ricardo A. Pinto lo mencionan como “diseñado para realizar importantes funciones como, ventilar la vía aérea desde la atmósfera hasta los alvéolos, permitir el intercambio gaseoso y transporte de gases hacia y desde los tejidos a través del sistema vascular” (9).

Por consiguiente, debido a la importante función que el aparato respiratorio ejerce, la compresión del mismo es fundamental para lograr entender a fondo en cómo se encarga de sustentar la vida por medio de la respiración, a su vez, las condiciones que puedan limitarla y causas externas que interrumpan su proceso de intercambio de gases. De manera que se dará a conocer cómo están formadas las estructuras que permiten esto y de qué manera ocurre el mecanismo de la ventilación.

Estructura y función

El proceso de desarrollo y maduración del pulmón tiene inicio en la cuarta semana de embarazo que es donde se origina el primordio del aparato respiratorio por medio de una evaginación del intestino anterior. Poco después comienzan a generarse las ramificaciones que darán origen al árbol bronquial en donde participan hormonas, factores de crecimiento, proteínas y el óxido nítrico. Luego se produce el adelgazamiento del mesénquima donde se logra la diferencia del epitelio y las proteínas surfactantes. Finalmente se da la formación de los alvéolos con paredes delgadas por una disminución de fibroblastos intersticiales (10).

Cabe resaltar que los pulmones se encuentran dentro de la cavidad pleural, que se denomina como una bolsa serosa y está formada por dos capas; una pleura parietal que está en íntimo contacto con la cavidad torácica del cuerpo y también con el mediastino por lo cual se refiere a ella como una capa externa, luego la pleura visceral la cual se adhiere al tejido pulmonar, es decir que está recubriendo a los pulmones y no se puede despegar por lo que se denomina como capa interna. Así mismo, el espacio entre estas

se llama cavidad pleural, la cual es muy delgada y contiene un líquido seroso de aproximadamente 20 mililitros el cual mantiene lubricada a la cavidad con el fin de reducir la fricción que se produce durante la respiración, dicho de otra manera, ayuda a que puedan deslizarse una contra la otra (11).

Es por lo dicho anteriormente que el pulmón es el encargado de permitir que el oxígeno entre desde el aire ambiente hasta llegar a la sangre venosa y que al mismo tiempo el dióxido de carbono salga en sentido opuesto. Sin embargo, esta no es la única función que ejerce el sistema respiratorio, ya que también metaboliza componentes, es capaz de filtrar materiales no deseados de la circulación del cuerpo y también actúa como un reservorio de la sangre. Por lo tanto, se comienza abordando en como ocurre la primera función del pulmón que es el intercambio gaseoso (9).

Es necesario recalcar que para que haya un intercambio gaseoso se inicia desde la inhalación de oxígeno hacia las vías aéreas superiores. Durante la inspiración la cavidad torácica se aumenta principalmente por la contracción del músculo diafragma y los músculos intercostales que se encargan de elevar las costillas, cuando este músculo cae en descenso, aumenta también el espacio intrapleural y esto hace que se forme una presión negativa que permite la entrada del oxígeno por cambio de presiones. Este aire es filtrado, humidificado y calentado por medio de las vibras que se encuentran en la nariz y llegan por medio de las vías aéreas inferiores hacia la tráquea (12).

Ahora bien, la tráquea está formada por anillos de cartílagos en forma de “c” para darle sustento y evitar su colapso, dividiéndose en dos bronquios principales, derecho e izquierdo que a su vez se dividen en bronquios lobulares y segmentarios, este proceso continúa hasta alcanzar los bronquiolos terminales. Estos se dividen en bronquiolos respiratorios finalizando en los conductos alveolares, es aquí específicamente donde ocurre el intercambio gaseoso. Puesto que, los alvéolos se denominan zona respiratoria y estos abarcan la mayor parte del pulmón (13).

Debido a esto, es importante mostrar que la manera en cómo el aire llega a los alvéolos es por medio de la inspiración respaldada por el músculo diafragma como se mencionó anteriormente, que provoca el aumento de la cavidad torácica para que, por cambios de la presión intrapleural el aire entre al cuerpo. Este flujo de aire se denomina

turbulento en las vías aéreas superiores y a medida va avanzando por la tráquea se va formando un flujo de transición para luego llamarse flujo laminar que ocurre en las vías respiratorias más pequeñas hasta llegar a la zona respiratoria, donde la presión alveolar se equilibra con la atmosférica (14).

Simultáneamente los músculos inspiratorios se relajan haciendo que el volumen torácico disminuya volviendo a la presión intrapleurales menos negativa permitiendo que el propio retroceso elástico alveolar regrese al pulmón y por ende a los alvéolos a los volúmenes normales. La presión de los alvéolos aumenta por arriba de la presión atmosférica y se establece un gradiente de presión para que el flujo de aire fluya hacia afuera de los alvéolos hasta que la presión se equilibra con la presión atmosférica, dando lugar a lo que comúnmente se denomina espiración (15).

Es necesario recalcar que en el proceso de la respiración intervienen numerosos músculos que ya han sido mencionados con anterioridad, como el diafragma que es considerado el principal para realizar los movimientos de inhalación y exhalación, debido a su forma de cúpula que separa la cavidad torácica de la cavidad abdominal, con una aponeurosis en el centro de donde salen los fascículos musculares que se insertan en la región inferior del tórax y en las vértebras lumbares por medio de pilares tendinosos. Los músculos que están entre las costillas participan en este proceso, así como también, el músculo escaleno que está en el cuello cuando se requiere mayor expansión para una inspiración activa (16).

Por otra parte, los pulmones tienen distintas maneras de protegerse ante sustancias que pueden ser nocivas o irritantes para la salud. Al mismo tiempo que ocurre la inspiración la nariz actúa como filtro para partículas dañinas o contaminantes, pero existen casos donde esta primera barrera de defensa es superada, por lo que, interviene una delgada capa de moco que es donde muchos organismos contaminantes quedan atrapados para luego ser arrastrados por medio de cilios desde los pulmones hacia la garganta donde la epiglotis se abre para permitir la ingesta de este moco y que quede expulsado por medio de la boca (17).

Se debe agregar que, algunas partículas pequeñas logran vencer estos mecanismos de defensa y llegar hasta los alvéolos, las cuales no pueden ser expulsadas de la misma

manera ya que en ellos no existen los cilios para poder realizar un arrastre. No obstante, las células inmunitarias llamadas macrófagos que se encuentran en la superficie alveolar son las que se encargan de ingerirlas, también, células como los leucocitos que intervienen en la protección del pulmón frente a microbios.

En el Manual de laboratorio de Fisiología, presentan el concepto de la difusión como “el desplazamiento de las moléculas de una sustancia de una zona de mayor concentración” (18). Es decir, este concepto estará presente siempre y cuando exista una diferencia de concentración, por lo que la finalidad es lograr un equilibrio. Sin embargo, hay algunos factores que pueden influir en este fenómeno como la superficie, el espesor, el gradiente de presión y el coeficiente de difusión. Es necesario recalcar que todos estos mecanismos son aplicables en muchas funciones del cuerpo humano para mejor comprensión, como es el caso del sistema respiratorio en el momento del intercambio gaseoso (19).

Considerando que, cuando el aire llega a los alvéolos se comienza a dar el intercambio gaseoso por lo que, el oxígeno pasa a los glóbulos rojos de la sangre por medio de difusión, es decir, se desplaza de un área de mayor concentración a una de menor concentración, es transportado por las venas pulmonares hacia la aurícula izquierda y luego al ventrículo izquierdo donde el corazón se encarga de bombear la sangre oxigenada a las arterias sistemáticas que llegan a los diferentes tejidos del cuerpo para proporcionar oxígeno a estos.

Luego que, las células de los tejidos del cuerpo se hayan enriquecido con oxígeno, las venas sistémicas recogen la sangre desoxigenada, es decir, que predomina el dióxido de carbono y estas dirigen esa sangre a la aurícula y ventrículo derecho y siguen hacia la arteria pulmonar para regresar a los capilares de los alvéolos para ser expulsado por medio de la exhalación, donde empieza otra vez el ciclo del intercambio gaseoso.

En relación con el proceso de la fisiología respiratoria, el surfactante pulmonar tiene una gran relevancia ya que, disminuye el retroceso elástico debido a la tensión superficial lo que aumenta la adaptabilidad de los pulmones por una interfaz aire-agua disminuyendo el trabajo inspiratorio de la respiración, de igual manera, este disminuye la

tensión superficial de los alvéolos que son de menor tamaño, ayudando a que las presiones de estos sean las mismas en todo el pulmón (20).

En cuanto a la composición, se denomina cómo una sustancia tensoactiva ya que mantiene al alvéolo distendido, la cual es producida por neumocitos tipo II, luego este se desplaza como cuerpos lamelares desde el núcleo hasta la superficie apical donde se libera dentro del alvéolo por medio de exocitosis, está constituido por lípidos en un 85% los cuales en su mayoría son fosfolípidos y el resto de porcentaje son proteínas. A su vez, en el recién nacido prematuro se encuentra muy disminuido lo que conlleva a el síndrome de dificultad respiratoria (21).

Neumotórax

Un neumotórax es la presencia de aire fuera del pulmón, pero dentro de la cavidad pleural, esto sucede cuando se acumula entre las pleuras parietal y visceral en el tórax. Esta acumulación puede ejercer presión sobre el pulmón, ocasionando su colapso y la severidad de este determina los síntomas que presente el paciente. Así mismo, el aire puede ingresar al espacio pleural de dos maneras: a través de un traumatismo que genera una apertura en la pared torácica o por la rotura de la pleura visceral desde el pulmón.

Antecedentes del neumotórax

Se debe agregar que el neumotórax es una fisiopatología que se ha estudiado a lo largo de los años, dando a conocer la actualización tanto de su terminología como de su etiología, teniendo en cuenta datos relevantes que hicieron posible obtener diferentes tratamientos y soluciones para este. Por lo que a continuación se detalla cada uno de los acontecimientos que marcaron un antes y un después sobre su evolución. La historia de esta patología es una condición médica que ha evolucionado significativamente a lo largo de los siglos. Hipócrates, conocido como el "Padre de la Medicina", fue el primero en describir un método para el drenaje del espacio pleural utilizando un tubo metálico. En su tiempo, se creía que muchas enfermedades eran causadas por un desequilibrio de los "humores" corporales, que incluían la sangre, la bilis amarilla, la bilis negra y la flema (22).

Por lo que se refiere, los "malos humores" se denominaba a fluidos o sustancias que se acumulaban en el cuerpo y causaban enfermedad. La técnica descrita por Hipócrates implicaba la inserción de un tubo metálico en el tórax del paciente para permitir el drenaje de estos fluidos acumulados en el espacio pleural. Este procedimiento rudimentario era una forma temprana de toracocentesis, una técnica que se sigue utilizando hoy en día, aunque con métodos y tecnologías mucho más avanzados y seguros.

Por otra parte, Playfair en 1875 (23) y Hewitt en 1876 (24), describieron la colocación de un drenaje torácico cerrado y la técnica de la colocación de este en una trampa de agua. Este método fue innovador para su tiempo, ya que ofrecía una manera más efectiva y controlada de drenar los líquidos acumulados en el espacio pleural, previniendo la entrada de aire y reduciendo el riesgo de infección. A pesar de su potencial, esta técnica no fue adoptada ampliamente de inmediato. Sin embargo, la técnica de la colocación del tubo de drenaje pleural no fue extensamente utilizada hasta 1917 (25). Durante esta época, el mundo estaba lidiando con la pandemia de influenza de 1918, conocida como la gripe española, que causó una gran cantidad de complicaciones respiratorias, incluyendo empiemas postinfluenza. Un empiema es una acumulación de pus en el espacio pleural, y sin un drenaje adecuado, puede ser fatal.

Ante la necesidad urgente de tratar estas complicaciones, los médicos comenzaron a adoptar la técnica del drenaje torácico cerrado con trampa de agua de manera más frecuente. Esto permitió un manejo más efectivo de los empiemas, mejorando significativamente las tasas de supervivencia de los pacientes afectados. La efectividad del drenaje torácico en el tratamiento de los empiemas postinfluenza consolidó esta técnica como una práctica estándar en la medicina torácica. Así, la técnica que Playfair y Hewitt habían descrito décadas antes finalmente encontró su lugar en la práctica médica habitual, salvando innumerables vidas y estableciendo un precedente para el manejo de las enfermedades pleurales en el futuro. Durante la Segunda Guerra Mundial, el drenaje pleural ganó una generalizada aceptación para tratar los hemoneumotórax traumáticos y empiemas. En la actualidad, este se utiliza comúnmente para el tratamiento de todo tipo de colecciones pleurales (26).

En relación con los pulmones la teoría afirma que están rodeados por una fina membrana llamada pleura que delimita un espacio, en el que la presión es más baja que en el interior del pulmón, dando lugar a que el pulmón se expanda, pero al encontrarse aire en este espacio la presión cambia y se hace más difícil su expansión (27). Según el efecto devastador de las heridas penetrantes el “Neumotórax abierto” era conocido en la antigüedad, pero su significado y su fisiopatología fueron conocidos hasta épocas recientes.

Así, por ejemplo, Boerhaave quien fue el que descubrió en 1724 que, en los pacientes con rotura espontánea de esófago, había una gran acumulación de aire intrapleural, y a su vez el autor Combulsier noto en 1747 que la disminución de dicha función pulmonar se debe a la compresión de los pulmones por la presencia de aire intrapleural. Denominando finalmente por Itard en 1803 por primera vez, respaldándole con su terminología Laennec en 1819 definen “Neumotórax” a la presencia de aire dentro del espacio pleural, que altera la presión negativa intrapleural y provoca un colapso parcial o total (28).

A su vez, el repositorio de la Universidad de Chile con el apartado de Traumatismo De Tórax da un significado a que un neumotórax generalmente es causado por una costilla fracturada que lacera la pleura o por un impacto que se administra en una inspiración completa con la glotis cerrada, lo que lleva a un tremendo aumento de la presión intraalveolar y posterior rotura de los alvéolos (29). En cambio, en el Manual MSD por Najib M Rahman (11) describe que normalmente la presión en el espacio pleural es menor que la que existe dentro de los pulmones o fuera del tórax por lo tanto si se produce una perforación que causa una gran conexión entre el espacio pleural y el interior de los pulmones o el exterior del tórax ya que el aire entra en el espacio pleural hasta que las presiones se igualan o la conexión se cierra.

Ahora veamos, al comparar los datos si bien es cierto, ambos son correctos pero el énfasis destaca que La Universidad de Chile aborda el trauma físico directo (fracturas de costillas e impacto en inspiración con glotis cerrada) como causa principal del neumotórax, en cambio El Manual MSD describe una causa más general que involucra cualquier perforación que permite la entrada de aire en el espacio pleural. Por lo que el

contexto fisiológico afirma que una proporciona ejemplos específicos del daño y la otra el proceso general de cómo el aire entra en el espacio pleural y la consecuencia de la presión igualada.

En otras palabras, al dar una explicación sencilla podríamos decir que ponemos como ejemplos los dos pulmones como dos esponjas elásticas dentro de una caja torácica, para que esto funcione bien se necesitan expandir y contraer como un acordeón, llenándose de aire a través de los tubos respiratorios hasta llegar a unos pequeños sacos alveolares, pero el problema surge cuando se escapa el aire de estos alvéolos y se mete en el espacio que hay entre el pulmón y la pared torácica, denominándose técnicamente como un neumotórax.

Así, por ejemplo, antiguamente la tuberculosis era la responsable de la mayoría de los casos de esta afección. La infección tuberculosa podía causar la formación de cavidades en los pulmones que, al romperse, permitían la entrada de aire en el espacio pleural, resultando en un neumotórax. Este tipo relacionado con la tuberculosis era una complicación grave y comúnmente observada en pacientes con esta enfermedad infecciosa (30).

No obstante, también se diagnosticaron neumotórax en personas sin enfermedades pulmonares evidentes. Estos casos fueron denominados "neumotórax simple". A diferencia del asociado con la tuberculosis, esta clasificación simplemente ocurría sin una causa aparente de enfermedad subyacente, y se pensaba que podía ser causado por pequeñas lesiones o rupturas en el tejido del pulmón de personas aparentemente sanas.

En este párrafo se resaltan los acontecimientos que marcaron avances importantes que aún son utilizados en la actualidad. Así pues, en 1932 el médico danés Hans Kjaergaard (31), hizo un descubrimiento significativo que cambió la comprensión del neumotórax espontáneo. Kjaergaard señaló que la rotura de bullas pulmonares, pequeñas bolsas llenas de aire en los pulmones, era la causa más frecuente del tipo espontáneo en individuos aparentemente sanos, en lugar de la tuberculosis. Estas bullas, que pueden formarse en los pulmones sin causar síntomas evidentes, pueden romperse

de manera espontánea, permitiendo que el aire escape al espacio pleural y cause esta afección.

El hallazgo de Kjaergaard fue crucial para la medicina, ya que redefinió el enfoque diagnóstico y terapéutico del neumotórax espontáneo. Al reconocer que la ruptura de bullas era una causa común en personas sin enfermedades pulmonares preexistentes, los médicos comenzaron a buscar estas estructuras en pacientes que presentaban la clasificación espontánea y ajustaron sus métodos de tratamiento en consecuencia. Este conocimiento también llevó a una mejor comprensión de las condiciones subyacentes que podrían predisponer a la formación de bullas, y ayudó a mejorar la prevención y el manejo de este tipo.

Simultáneamente, se dio el descubrimiento de los rayos X en 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen (32), marcó un hito revolucionario en la historia de la medicina. Antes de este descubrimiento, los diagnósticos médicos se basaban en gran medida en la observación clínica y en técnicas invasivas, limitando la capacidad de los médicos para visualizar y entender las estructuras internas del cuerpo humano. La invención de la radiografía permitió a los médicos obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo sin necesidad de cirugía, proporcionando una herramienta invaluable para el diagnóstico y la investigación de diversas enfermedades y condiciones médicas.

A causa de esto, se permitió un mejor abordaje basado en la capacidad de visualizar los pulmones y la cavidad torácica con rayos X que facilitó enormemente el diagnóstico. Antes de la radiografía, la identificación de un neumotórax dependía de los signos clínicos y los síntomas del paciente, que podían ser inespecíficos y difíciles de interpretar. Con las radiografías, los médicos pudieron ver directamente la presencia de aire en el espacio pleural, confirmando el diagnóstico de manera rápida y precisa, esta nueva herramienta diagnóstica permitió una mejor comprensión de la fisiopatología y sus diversas causas, mejorando el manejo y tratamiento de los pacientes afectados.

De igual modo, en 1918, otro avance significativo en la comprensión, fue la publicación de un trabajo sobre el empiema por Everts A. Graham (33), un prominente cirujano estadounidense. En su publicación, Graham describió el uso de la radiografía en el diagnóstico y tratamiento del empiema, una acumulación de pus en el espacio

pleural. Su trabajo destacó cómo las imágenes radiográficas podían ser utilizadas para identificar no solo el empiema, sino también otras condiciones pleurales, incluyendo el neumotórax.

Graham (28) enfatizó la importancia de las radiografías en la evaluación y el monitoreo del estado de los pacientes con enfermedades pleurales, demostrando que esta tecnología no solo ayudaba en el diagnóstico inicial, sino que también era crucial para guiar el tratamiento y evaluar la respuesta terapéutica. Su investigación subrayó cómo la radiografía podía detectar cambios en la cavidad pleural, ayudando a los médicos a tomar decisiones informadas sobre la necesidad de intervenciones como el drenaje pleural o la cirugía.

Cómo se puede observar, ha sido un largo camino para poder llegar a diagnosticar el neumotórax de forma oportuna, ya que la combinación del descubrimiento de los rayos X por Röntgen y las contribuciones de Graham en el uso clínico de las radiografías transformó el diagnóstico y manejo de esta afección. Es hasta este momento donde dichos avances permitieron a los médicos detectarlo de manera más temprana y precisa, comprender mejor sus causas y desarrollar tratamientos más efectivos. La capacidad de visualizar el interior del tórax de manera no invasiva revolucionó la medicina torácica y sentó las bases para futuras innovaciones en el diagnóstico por imágenes.

Etiología del neumotórax

Es importante destacar que el neumotórax puede clasificarse de diferentes maneras, dependiendo de su origen y presentación clínica. Desde un punto de vista etiológico se divide en varias categorías, que permiten entender mejor las causas subyacentes y orientar el tratamiento adecuado. Estas clasificaciones ayudan a identificar si es espontáneo, traumático o secundario a otras condiciones médicas, proporcionando un enfoque más claro para su diagnóstico y manejo, siendo estas las siguientes:

1. Neumotórax Espontáneo (NE)

Este tipo se clasifica de acuerdo con la causa subyacente que lo origina, la clasificación basada en su etiología permite identificar el mecanismo responsable de su aparición. El espontáneo primario (NEP) es como un colapso pulmonar que surge sin una enfermedad clara que lo provoque. Aunque no se conoce la causa exacta, sí se han identificado

algunos factores de riesgo que aumentan las probabilidades de padecerlo, como el humo del tabaco donde el principal culpable es el cigarrillo. Estudios han demostrado que hasta el 90% de los pacientes con NEP son fumadores según Valle Sagastume en 2016, ya que el tabaco daña los pulmones y los hace más propensos a sufrir roturas; genes, si hay familiares con antecedentes de NEP, el riesgo es mayor ya que puede ser hereditaria.

También, enfermedades genéticas como el síndrome de Marfan y la homocisteína también aumentan el riesgo de NEP. Estas enfermedades afectan el tejido conectivo de los pulmones, haciéndolos más frágiles, otros factores como los trastornos alimenticios, por ejemplo, la anorexia nerviosa se ha asociado con un mayor riesgo, las razones no están del todo claras, pero se cree que la desnutrición y los cambios hormonales podrían jugar un papel. Y por último la endometriosis intratorácica en mujeres, que es cuando el tejido endometrial crece fuera del útero y se adhiere a los pulmones (34).

El espontáneo secundario (NES), a diferencia del primario, no surge por sí solo, sino que es consecuencia de una enfermedad pulmonar subyacente. En general el NES se produce por la ruptura de zonas debilitadas del pulmón o bullas, al ser estas áreas frágiles son más propensas a romperse en pacientes con enfermedades subyacentes, lo que permite que claramente el aire escape y el pulmón colapse. Los principales factores son enfermedad pulmonar obstructiva crónica (enfisema difuso o bullosa), fibrosis quística, asma, también infecciones como la tuberculosis pulmonar, neumonía por *Pneumocystis carinii*, neumonías necrotizantes, micosis, infección pleural, enfermedades intersticiales pulmonares como la fibrosis pulmonar idiopática, sarcoidosis, histiocitosis de células de Langerhans, linfangioleiomiomatosis, esclerosis tuberosa. Incluso enfermedades del tejido conectivo donde se mencionan artritis reumatoide, miositis inflamatorias, síndrome de Marfan. Y por último factores como neoplasias relacionadas con carcinoma broncogénico, metástasis (sarcoma) y endometriosis (neumotórax catamenial) (35).

2. Neumotórax adquirido iatrogénico

El neumotórax adquirido a diferencia del espontáneo no surge por sí solo, ni por una enfermedad pulmonar, sino que es una consecuencia inesperada de accidentes o de ciertos procedimientos médicos, relacionando de igual manera el manejo de ventilación

mecánica que puede lograr producir un Barotrauma. Podemos delimitar los factores que pueden causarlo como los procedimientos invasivos en el tórax, el cuello o la parte superior del abdomen.

Incluyendo entre estos la toracocentesis siendo la extracción de líquido del espacio pleural, la cateterización o colocación venosa central, biopsias pulmonares percutáneas realizadas con agujas, biopsias pleurales, biopsias traqueobronquiales en donde se extrae tejido de los pulmones a través de la tráquea y también al realizar bloqueos nervios, acupunturas o cirugías en estas áreas proximales a la cavidad. Al manipular agujas, catéter o material cortopunzantes durante este tipo de procedimientos accidentalmente en muchos casos provocan una perforación, siendo un resultado traumático para el pulmón (34).

3. Neumotórax Traumático

El neumotórax traumático ocurre cuando un golpe en el pecho daña el pulmón, permitiendo que el aire se escape y se acumule alrededor del mismo, lo que hace que se colapse (36). Este tipo suele ser causado por una fractura de costilla que perfora el pulmón, pero también puede ser ocasionado por una herida penetrante en el tórax o un traumatismo en las vías respiratorias (tráquea y bronquios). Este puede dividirse en abierto o cerrado.

En el abierto el aire entra al espacio pleural a través de una herida en la pared torácica, mientras que en el cerrado no se encuentra herida visible en la pared torácica, pero el aire siempre entra al espacio pleural por alguna lesión interna, ya sea una costilla fracturada que perfora el pulmón o un aumento de manera brusca en el pecho. Es frecuente que el traumático se vea acompañado de un hemotórax, siendo así ya una complicación mayor del paciente porque se debe a presencia no solo de aire sino de sangre en la cavidad intrapleural.

4. Neumotórax catamenial

El catamenial es una variante poco frecuente de neumotórax que afecta exclusivamente a mujeres, y está estrechamente asociado con el ciclo menstrual. Este tipo suele presentarse en mujeres en edad reproductiva, y a menudo se relaciona con antecedentes de endometriosis, una enfermedad caracterizada por la presencia de tejido endometrial

fuera del útero. La aparición de este tipo generalmente coincide con el inicio de la menstruación, lo que sugiere una conexión hormonal en su patogénesis.

Aunque el mecanismo exacto no está completamente comprendido, se cree que la endometriosis torácica, que implica el crecimiento anormal de tejido endometrial en la cavidad torácica, desempeña un papel importante. Debido a su naturaleza inusual y su presentación clínica sutil, el diagnóstico del catamenial puede ser difícil y, en ocasiones, se retrasa. Esta condición requiere un enfoque multidisciplinario para su manejo, involucrando tanto a especialistas en ginecología como a neumólogos, para garantizar un tratamiento adecuado que incluya tanto la resolución del neumotórax como el control de la endometriosis subyacente (36).

En el contexto del catamenial, se pueden distinguir dos escenarios clínicos, los pacientes con orificios diafragmáticos evidentes donde aproximadamente el 50% de los casos de neumotórax catamenial se asocian con la presencia de orificios diafragmáticos que se evidencian durante la cirugía. Estos agujeros permiten la comunicación entre la cavidad abdominal y la pleura, facilitando el paso de aire o tejido endometrial al espacio pleural durante el ciclo menstrual. En estos casos, es necesario actuar a nivel diafragmático para cerrarlos y prevenir futuros episodios de neumotórax. La reparación quirúrgica puede incluir el cierre directo de los orificios o el uso de parches para reforzar la estructura diafragmática.

En los casos de pacientes sin orificios diafragmáticos evidentes, no existe un tratamiento quirúrgico definido, lo que presenta un desafío clínico en comparación con el otro grupo que no presenta orificios diafragmáticos visibles durante la cirugía. Algunos autores recomiendan realizar un tratamiento local sobre el diafragma, incluso en ausencia de orificios evidentes, debido a la posibilidad de que estos orificios sean muy pequeños y pasen desapercibidos durante la inspección quirúrgica. Este tratamiento puede incluir la abrasión de la pleura parietal convencional para inducir adherencias y prevenir futuros episodios (37).

5. Neumotórax a tensión

El neumotórax a tensión es una forma grave que se caracteriza por un aumento progresivo de la presión intrapleural a niveles que se tornan positivos durante todo el

ciclo respiratorio, ya que, en uno a tensión el aire sigue ingresando en el espacio pleural con cada respiración, pero no puede salir normalmente debido a un mecanismo de válvula unidireccional (1). A causa de este aumento de presión hay varios efectos adversos:

Como el colapso del pulmón que es cuando la presión positiva en el espacio pleural empuja al pulmón afectado hacia el colapso, impidiendo su expansión normal durante la respiración. También el desplazamiento del mediastino en el que la presión acumulada desplaza las estructuras mediastínicas, incluyendo el corazón y los grandes vasos sanguíneos, hacia el lado opuesto del tórax. Este desplazamiento puede comprometer aún más la función respiratoria y cardiovascular, y por último la disminución del retorno venoso, debido a que la compresión de las venas cavas y otras estructuras vasculares reduce el retorno de sangre venosa al corazón, lo que disminuye el gasto cardíaco y puede llevar a una hipotensión severa.

Lo dicho hasta aquí supone que, en un neumotórax a tensión, el aire se introduce en el espacio pleural de manera continua con cada ciclo respiratorio. Sin embargo, debido a la presencia de un mecanismo de válvula unidireccional, el aire que entra no puede salir, lo que impide su liberación de la cavidad pleural. Este fenómeno ocurre porque la válvula permite que el aire fluya hacia el espacio durante la inspiración, pero se cierra durante la espiración, atrapando el aire en su interior. Como resultado, se genera un aumento progresivo y sostenido de la presión intrapleural. Este incremento de presión puede comprimir el pulmón afectado, disminuir su capacidad para expandirse y, eventualmente, causar un colapso pulmonar total si no se trata de manera oportuna. Además, la presión excesiva puede desplazar estructuras mediastínicas, como el corazón y los grandes vasos, lo que compromete gravemente la función cardiovascular y pone en riesgo la vida del paciente.

Exploración física y clínica

Generalmente la sintomatología va a depender del grado de colapso pulmonar, de la reserva funcional del paciente y la disminución de la capacidad ventilatoria, en donde D. Espinosa Jiménez, etc. (31) afirman que el 10% de los casos, sobre todo los NEP pueden presentarse asintomáticos, sin embargo, el 80% presentan clínica en reposo. La

sintomatología que más frecuentemente nos encontramos es dolor torácico intenso, respiración acelerada, dificultad para respirar. tos seca o con sangre y otros síntomas más graves reivindicando según el grado, encontramos enfisema, hipoxemia, hipercapnia, y alcalosis respiratoria.

Al realizar un examen físico podemos encontrar la triada de Gaillard que consiste en la disminución o ausencia de vibraciones vocales que puede ser percibida al poner la mano sobre el pecho del paciente y sentir al menos una vibración mientras este habla, la hipersonoridad o timpanismo se basa en dar un golpe sobre el pecho y escuchar como si golpeará un tambor, y como tercero la disminución o ausencia del murmullo vesicular ya que al auscultar se detecta ausencia de murmullo vesicular.

En cuanto a los criterios del American College of Chest Physicians (ACCP) hay estabilidad de un neumotórax cuando la frecuencia respiratoria es menor de 24 respiraciones por minuto, la frecuencia cardíaca se encuentra entre 60 a 120 latidos por minutos, la presión arterial sistémica está en el rango de la normalidad y la saturación arterial respirando a aire ambiente es mayor del 90% (31).

El siguiente ejemplo sirve para destacar que si bien es cierto el neumotórax tiene diferentes clasificaciones, cada una describiendo su causa y cada uno de sus síntomas, sin embargo, hay una similitud dentro de los efectos que causa en los afectados que sufren de esta fisiopatología, provocando un dolor intenso en el tórax, causando dificultad para respirar acompañada de tos y una respiración aceleradamente intensa, agravando la estabilidad tanto física como hemodinámica de dicho paciente.

Tratamiento del neumotórax

Con respecto al tratamiento del neumotórax en la Guía Cirugía General de El Salvador manifiesta que este depende en gran medida del tipo, la gravedad y la causa subyacente de la afección, así como del estado clínico del paciente. Existen diversas opciones terapéuticas que van desde medidas conservadoras hasta intervenciones más invasivas. La selección del tratamiento adecuado busca aliviar los síntomas, prevenir complicaciones y evitar recurrencias. A continuación, se exploran las diferentes estrategias terapéuticas disponibles para el manejo.

Primeramente, se aborda la atención inicial centrándose en asegurar una vía aérea permeable como prioridad, ante la presencia de una dificultad respiratoria, es fundamental examinar la orofaringe, retirar cualquier cuerpo extraño y aspirar la sangre o secreciones que probablemente puedan estar obstruyendo el flujo de aire. “Si no hay respiración espontánea, pero hay reflejo nauseoso, se debe administrar oxígeno suplementario, de lo contrario, se debe realizar intubación oro-traqueal con estabilización de la columna cervical. Si existe trauma maxilofacial que impide la intubación, se debe realizar una cricotiroidotomía o traqueostomía” (6), Teniendo en cuenta que la cricotiroidotomía no debe realizarse en niños menores de 8 años ni en personas que hayan tenido lesiones sufridas en la laringe.

Posteriormente, es esencial estabilizar el volumen circulatorio del paciente mediante la administración de lactato de Ringer. Es importante evitar el uso de extremidades que hayan sufrido traumatismos para establecer accesos venosos, ya que esto podría complicar la situación. En casos donde se presenten dificultades para lograr una adecuada canalización venosa periférica se recomienda optar por una venodisección, específicamente de la vena segura mayor a la altura del maléolo interno de la tibia, siendo esta una técnica que ofrece una vía alternativa segura y efectiva para la administración de líquidos en situaciones críticas.

A continuación, se abordará la técnica de colocación de tubo de tórax siendo una manera estándar para la inserción percutánea, dependiendo de las condiciones clínicas y los recursos disponibles, esta técnica puede representar algunas variaciones en su ejecución. Si el paciente está consciente y hemodinámicamente estable será necesario administrarle sedación y analgesia para mayor comodidad y seguridad durante el procedimiento.

Continuando con el tratamiento, la ventilación mecánica “puede definirse como un método físico que utiliza un aparato mecánico para el soporte artificial de la respiración y la oxigenación, cuando el sistema respiratorio es insuficiente” (38). Por lo tanto, cumple funciones indispensables en determinadas situaciones traumáticas como en el colapso alveolar producido por un neumotórax, es por eso que, se describe como mejora la recuperación de esta afección. También, mediante el conocimiento de la programación y

las maniobras de reclutamiento que ofrece se decide la modalidad ventilatoria más eficaz para el tratamiento de esta patología.

Es importante mencionar, que la ventilación mecánica es un proceso de intervención muy frecuente y necesaria en el aspecto quirúrgico y por ende en el tratamiento de diferentes patologías que afectan a los pacientes dejándolos en un estado crítico en el que su vida corre peligro de manera significativa, cabe resaltar que la estancia hospitalaria es una determinante en la mejoría, es decir, mientras una persona esté sometida por mayor tiempo a esto, menor es la probabilidad que se recupere de manera adecuada (39).

A su vez, la ventilación mecánica ha pasado por muchas etapas de evolución desde la más básica donde se usaban ventiladores de uso domiciliario sin posibilidad de poder moverlos hasta los que se usan en la actualidad, donde una persona fácilmente puede desplazarse de un lugar a otro dentro de su hogar sin ninguna limitante y es por ello, que es importante conocer su desarrollo. Primeramente posee una larga historia desde antes de cristo con filósofos como Aristóteles, hasta después de cristo donde surgieron filósofos como Paracelso y entre muchos otros, los cuales formularon hipótesis y experimentos en base a aspectos relacionados al uso de ésta sin electricidad ya que no se poseía en ese momento, es hasta en 1928- 1929: Philip Drinker & Louis Shaw, mencionan que el uso de la electricidad produce “el primer pulmón de acero que se utilizó ampliamente en pacientes con polio” (40).

Además, los ventiladores mecánicos se fueron clasificando en base a la tecnología que poseían en su época siendo los de primera generación en 1960 ciclados por presión, en 1970-1980 ciclados por volumen considerados de segunda generación y en 1990 microprocesados de tercera generación. Además, estos generaron una revolución significativa en la ventilación mecánica en ese entonces, ya que se diferenciaban por la variedad de modos ventilatorios que existían (41).

Es por ello que se definen como “dispositivo que tiene por objeto realizar soporte ventilatorio parcial o total en pacientes con capacidad ventilatoria limitada o nula”, es decir son instrumentos de uso en aquellas personas que necesitan generar el trabajo respiratorio que el aparato respiratorio no puede generar. Sin embargo, la ventilación

mecánica no debe tomarse como un tratamiento, sino, como un soporte para mantener la función respiratoria mientras se toman medidas curativas para las personas o en aquellos que se indiquen por orden médica el uso exclusivo de cualquier modo ventilatorio (42).

A su vez, los ventiladores deben tener en sus componentes una fuente de energía, sistemas neumáticos para la dosificación de ella y algoritmos de control con la electrónica correspondiente, cabe resaltar como éstos se han desarrollado a lo largo del tiempo ya que pueden presentar algunos cambios en comparación a los ventiladores de uso en la actualidad. Cada uno debe poseer una fuente de oxígeno y aire principalmente, pero esto cambió con el paso de los años y a medida la tecnología fue avanzando, mediante el uso de los microprocesadores que poseían una turbina (TBird), por medio de esta se generaba presión y flujo, lo que ocasiona que el aire comprimido central se independizara.

Es decir, el ventilador posee múltiples características dentro de las que principalmente se encuentran los sensores de presión y flujo destinados a capturar señales usadas para poder monitorizar y controlar la ventilación mecánica de las personas. Estos poseen un funcionamiento inspiratorio y otro espiratorio, por medio del cual se da el intercambio gaseoso, es por lo que la fase espiratoria tiene gran importancia al momento de ventilar a un paciente al que se desea generar una presión positiva para facilitar la espiración.

Hay que hacer notar que la monitorización es un aspecto fundamental que todo equipo de ventilación mecánica debe poseer, ya que, por medio de un monitor se permite interpretar la función fisiológica que se desee programar, además de poder diferenciar por medio de las curvas las posibles variantes que se presenten, es por ello que cabe resaltar que a medida han evolucionado sus parámetros se han desarrollado más allá de simples gráficas de presión, flujo o volumen.

Por ejemplo, dentro de algunos puntos en los que ha mejorado la ventilación mecánica es el seguimiento de la capnografía, por medio de esta se puede evidenciar el intercambio gaseoso que presentan los pacientes, además, medir las capacidades pulmonares normales que presentan (41). De la misma forma, existen principios básicos

dentro de este tema, uno de ellos es generar presión positiva en el aparato respiratorio durante la inspiración cuando se resiste al flujo aéreo del árbol traqueobronquial y también a la resistencia del parénquima por medio de un fenómeno pasivo en el que el pulmón vuelve a su sitio de origen después de un ciclo respiratorio. Por otro lado, es importante hacer énfasis que existen términos como el ciclo respiratorio que hace relieve en cómo se da la respiración mediante un ventilador conectado en una persona, el cual consta de tres partes.

Comenzando con la insuflación que es un fenómeno activo en el cual el aparato insufla los pulmones por medio de un gradiente que se genera por una presión sobre un volumen de un gas y así lleva a que se movilice por medio de éste generado en la vía aérea. Seguido de la meseta, esta se interpreta como la capacidad de mantener el gas dentro del pulmón después de la insuflación durante un periodo de tiempo para lograr homogenizar la distribución de gas en los pulmones, y terminando con la deflación que es un fenómeno pasivo que se da luego de la meseta, siendo causado por la retracción elástica del pulmón, es decir que este proceso es aquel en que los pulmones vuelven a su presión de cero en relación a la atmosférica por su retroceso elástico (43).

Al mismo tiempo, entra en juego el término de gradiente de presión, que es de suma importancia ya que es necesaria para que se inicie un ciclo respiratorio, y funciona venciendo la impedancia que se produce en el sistema respiratorio, es decir que debe vencer la presión de las vías aéreas y los alvéolos, lo que genera también presiones trans-respiratorias como resultado de este término en la vía aérea superior y la superficie corporal (38).

También, éstas presiones a superar, deben ser igual o menor a cero en relación con el aire atmosférico, debido a que se debe alcanzar las presiones justas que el ser humano puede soportar mientras está conectado a un ventilador para evitar un barotrauma, por ejemplo, en los pacientes con un neumotórax, las que son generadas en la vía aérea son bastante vigiladas de manera clínica y radiológica para no causar aún más daño.

Además, es importante mencionar las diferencias que existen al usar la ventilación mecánica invasiva y la protección de la vía aérea en donde la permeabilización de esta es un aspecto fundamental en cualquier situación a tratar, sin embargo, no siempre que

se desee intubar a un paciente significa que necesite un soporte ventilatorio, por ejemplo, cuando existe un aumento del tejido blando por edema o apnea obstructiva lleva a que la respiración de estos sea reducida, lo cual puede ser tratado fácilmente con una intubación orotraqueal en la vía aérea (44).

Modalidades ventilatorias más frecuentes

Por lo que se refiere a las modalidades ventilatorias, son de gran interés en el manejo de patologías o situaciones específicas, así que, existen muchas que se encuentran en uso en la actualidad, donde se encuentran, por ejemplo, las espontáneas y a presión positiva. Dichos modos poseen parámetros que son programables según los objetivos que se prefiera controlar, es por ello que la selección está sujeta a las características de cada persona y al criterio de selección que se use.

Dicho lo anterior, dentro de las situaciones en las cuales el uso de la ventilación mecánica es de utilidad está la necesidad que descansan los músculos respiratorios, como por ejemplo en una debilidad muscular o por un flujo aéreo obstruido, por situaciones de hipoxemia, mejorar los volúmenes pulmonares o cuando la respiración espontánea no es suficiente para las demandas que presenta la persona en un sistema cardiovascular como en un shock. Recordando que el intercambio gaseoso es un apartado de suma importancia en las funciones respiratorias, además la oxigenación tisular, la distensibilidad, entre muchas otras, la aplicación de esta da un soporte que facilita la comodidad del afectado (45).

Por lo tanto, la ventilación mecánica debe indicarse en personas que no pueden mantener una adecuada inhalación y exhalación, por lo que pierden esta función importante que se mencionaba anteriormente que es el intercambio gaseoso. Las diferentes modalidades son aquellas que tienen la particularidad de ser estrategias usadas para administrar oxígeno a los pulmones de manera controlada y eficiente, adaptándose a las necesidades y dificultades de cada paciente.

Ahora bien, estas modalidades deben ser seleccionados de manera específica según las características de cada persona, teniendo presente los antecedentes, las patologías, alergias, etc. Debido a que existen ventajas y desventajas de cada modo ventilatorio que se toman en cuenta con el bienestar del paciente. De este modo la ventilación mecánica

tiene la característica de mantener una frecuencia respiratoria ya sea que el afectado tenga reflejos protectores de la vía aérea, es decir, que mantiene por sus medios la respiración, o si no los tiene, cuando se ventila de manera controlada.

Así, por ejemplo, estas pueden ser invasivas y no invasivas, teniendo la especial característica de invadir la vía aérea (con un tubo) o sin invadir la vía aérea lo que permite identificar el patrón respiratorio de los pacientes. Así, los aspectos básicos mencionados anteriormente, hacen que sea más sencillo seleccionar la modalidad ventilatoria más efectiva para dicho manejo, dependiendo de la situación que lo amerite. Por lo que, al tener conocimiento de estas benefician la salud de las personas enormemente.

En vista de que las principales modalidades se dividen según su función, es decir, si una es controlada, asistida, espontánea o soporte. Al conocer cuál es su capacidad se subdividieron según la variable que se quiera establecer, dentro de las cuales tenemos; volumen y presión. Robert Chatburn define modo ventilatorio “a como el ventilador controla la presión, el flujo y el volumen dentro de cada respiración, junto con una descripción de cómo es la secuencia de las respiraciones” es por ello que las curvas en estas modalidades tienen rasgos particulares por cada uno de estos apartados (46).

De igual manera, existen fases por cada modo dentro de las que, en ventilación mecánica se definen cuatro que son el disparo, que es donde se define como el inicio de la inspiración en el que se detecta el esfuerzo del paciente de iniciar un esfuerzo inspiratorio o por la programación de esta en la que el ventilador detecta un umbral específico que determinarían los cambios de flujo o la presión, el mantenimiento de la inspiración que será determinada por su variable de control, ya sea presión o volumen en esta fase es en base al límite de tiempo y volumen o presión que se mantiene la inspiración (47).

Seguidamente, el ciclado que es el cambio de la fase inspiratoria a la espiratoria, es decir el tiempo que pase de una fase con su respectivo umbral de descenso inspiratorio y su volumen, por último, la base o espiración, ésta puede ser controlada hasta el inicio del ciclo inspiratorio nuevamente, por lo que puede generar una presión positiva si se programara al final de la espiración. Por supuesto, los parámetros programables varían

siempre que se seleccione una modalidad, pero algunos que podemos programar independientemente de la clase ventilatoria son los mencionados a continuación.

El volumen tidal o corriente que es la cantidad de volumen que se entregará a los pulmones por cada respiración, la frecuencia respiratoria como la cantidad de respiraciones por minuto, la sensibilidad interpretada como la capacidad que presenta el ventilador al detectar esfuerzos inspiratorios producidos por el paciente, la fracción inspirada de oxígeno que significa el porcentaje de oxígeno en la mezcla que suministra el ventilador por cada ciclo respiratorio y la PEEP que no es nada más que la presión positiva al final de la espiración, estos parámetros son modificables por lo que están sujetos a criterio del profesional de la salud (48).

Conviene subrayar que, es de suma importancia el uso de alarmas, ya que por medio de ellas podemos determinar la disminución o el exceso que se programe de los parámetros, algunas alarmas son de alta presión, de baja presión, frecuencia respiratoria máxima y pérdida de PEEP. Sin embargo, es evidente que la principal función de las alarmas es prevenir que las presiones que generamos ocasionen un daño en los alvéolos o que no sea la necesaria para generar un intercambio gaseoso en estos pacientes, además, hay que tener presente que la ventilación mecánica se da por medio de aplicación de presión positiva en la vía aérea (49).

A continuación, se describen las principales modalidades ventilatorias según lo visto anteriormente, comenzando con la controlada que es la que dirige completamente la respiración de la persona por medio del ventilador, en esta el paciente sometido no tiene la capacidad de responder ante estímulos dolorosos, es decir, que no tiene reflejos protectores. La asistida/controlada es donde ésta se puede realizar asistiendo las deficiencias que se dan en el intercambio gaseoso por lo que los pacientes necesitan ayuda del ventilador (50). También la espontánea que es aquella en la que se “auto compensa la respiración para mantener la homeostasis” es por ello que es usada principalmente como un método de compensar el trabajo respiratorio que una persona pueda retomar luego de un procedimiento de larga duración bajo una forma mandatoria (51).

Siguiendo con lo anterior, la controlada por volumen es la más usada frecuentemente siendo ésta la variable control de volumen (VC), debido a que se necesita tener un mando preciso del volumen corriente administrado y cuya modalidad es controlada (VMC) debido a que el paciente no presenta ningún esfuerzo de iniciar la inspiración y es el ventilador quién controla la respiración, de esta manera también se debe recordar que ésta tiene una variable dependiente como la presión e independiente que es el volumen establecido. La controlada por presión se usa principalmente cuando se requiere un control más equitativo con respecto a la ventilación en los alveolos, en ella existen diferencias en la constancia del tiempo en relación con la distensibilidad y las resistencias que se presenten, en ésta modalidad la variable controlada es la presión (PC) y el volumen es resultado de la presión programada, es por ello que la alarma del volumen mínimo debe ser específicamente vigilado, el paciente no genera ningún esfuerzo (52).

Continuando, la espontánea con presión de soporte (PSV) es un modo ventilatorio espontáneo en el que se programa una presión inspiratoria, el cual funciona si el paciente respira de manera normal y se apoya de esta presión inspiratoria para reducir el trabajo respiratorio, es por ello que reduce la utilización de sedantes y previene el desarrollo de atrofia diafragmática por desuso, ésta ha tenido un desarrollo significativo con el pasar del tiempo lo que ha generado que se use con mayor regularidad en el proceso de desvinculación de una persona con el ventilador (53). Luego la mandatoria intermitente y sincronizada, mezcla las respiraciones espontáneas y las mandatorias y ellas pueden ser intermitente, exclusivamente generando un flujo continuo formado por dos circuitos en la vía aérea a través de una válvula unidireccional, el cual permite mejorar el despertar coincidiendo el ciclo con el esfuerzo respiratorio que puede presentar la persona sometida a ventilación mecánica (54).

También, la presión positiva continua de la vía aérea (CPAP) se utiliza cuando es necesario una aplicación de presión positiva de la vía aérea al final de la espiración. esta puede ser usada de manera no invasiva es decir sin necesidad de un apoyo invasivo, porque las interfaces que se usan en esta modalidad permiten que el paciente sienta un grado de limitación mucho más reducido, es por ello que puede no ser considerado un modo ventilatorio estrictamente, pero debe mantener un volumen tidal adecuado sin

soporte ventilatorio, además puede ser usada para prevenir el colapso alveolar, incremento de la distensibilidad pulmonar, reducir el cortocircuito interno y mejorar el intercambio gaseoso (55).

Además, la presión positiva en la vía aérea biLevel (BIPAP) se utiliza principalmente cuando requiere presión positiva en la inspiración y la espiración como por ejemplo en pacientes con apnea del sueño, en esta modalidad su tiempo inspiratorio (T_{high}) debe ser menor en comparación al tiempo espiratorio (T_{low}), ésta modalidad se caracteriza por respiraciones mandatorias controladas por presión tanto inspiratorio y espiratoria, además ciclada por tiempo, es por ello que también puede tener respiraciones espontáneas y al igual que CPAP pueden usar interfaces de forma no invasiva (56).

Y por último, la ventilación con liberación de presión en la vía aérea (APRV) es por así decirlo una relación inspiración-espiración inversa, es decir a diferencia de la BPAP se producen dos niveles de presión positiva al final de la espiración y a la vez no requiere sincronización con el paciente, en este caso la CPAP optimiza oxigenación, la fase de liberación permite que se optimice la ventilación alveolar y facilite el intercambio gaseoso, esta modalidad es iniciada por tiempo, ciclada por tiempo y limitada por presión, es por ello que se usa principalmente ya que cuando no se detectan respiraciones espontáneas presenta la característica de ser una modalidad de presión control con lo antes descrito (57).

Curvas en ventilación mecánica

Con respecto a la interpretación de las curvas, se menciona que es un aspecto que se debe vigilar de manera cuidadosa, ya que a través de ellas se verifica el estado del paciente, es decir, si está siendo bien ventilado, si está presentado esfuerzo por respirar, si hay algo ocluyendo el paso de aire hacia los pulmones como por ejemplo secreciones o moco, incluso se puede observar si el flujo suministrado alcanza el valor programado, estas curvas siempre van a tener una variable que es el tiempo.

Como se ha mencionado anteriormente, las curvas se pueden visualizar a través del monitor, en primer lugar la de presión tiempo la cual presenta forma de “montaña”, de manera retórica, es decir, se identifican las presiones programadas en las que se puede ver la presión máxima que se da en la inspiración la cual representa la parte ascendente,

también una meseta que es el tiempo en que se mantiene esta presión máxima durante la inspiración, además podemos visualizar la parte descendente de la montaña que representa la PEEP que es la presión positiva al final de la espiración por medio de la cual la fase inspiratoria puede iniciar sobre una presión y un flujo inicial (58).

En segundo lugar, en la curva de flujo tiempo la cual representa la velocidad del volumen durante el ciclo respiratorio, hay una peculiaridad a diferencia de las otras ya que ésta tiende a tener una fase positiva que es la inspiratoria y una fase negativa que es la espiratoria, si está en una modalidad espontánea puede presentar una forma sinusoidal, sin embargo si es una modalidad controlada puede presentar tres formas además de la antes mencionada en las que encontramos la cuadrada, acelerada y desacelerada (59).

Y por último, la curva de volumen tiempo que por lo general presenta una forma de aleta de tiburón, en esta se visualiza una leve convexidad que en la fase inspiratoria representa el volumen entregado según la modalidad programada, en esta forma, la fase ascendente es la inspiratoria y la fase descendente es la espiratoria, y se debe tener un especial cuidado en la fase espiratoria ya que si queda a cero se le denomina que está en falso piso, es decir, que se presenta fuga del volumen del paciente o del circuito ventilatorio, la forma de estas aletas se determina por la modalidad ventilatoria que se presente, por lo tanto, si existen variantes en el tamaño de la forma es por los parámetros programados de forma mandatorio, espontánea o sincronizada (60).

Modos ventilatorios para tratar un neumotórax

Otro punto para tratar esta patología es saber cuál de todos los modos mencionados anteriormente es el más adecuado, se dice que las modalidades ventilatorias más eficaces se determinan en base a las circunstancias del paciente, sin olvidar las bases fisiológicas normales y el tipo de clasificación etiológica que se debe tratar. Debido a que el neumotórax es una afección que daña la capacidad respiratoria de cualquier persona que la padezca, el momento de programar un modo ventilatorio es de gran trascendencia y de suma importancia para seleccionarlo con el objetivo de una recuperación eficaz.

Además, es de vital importancia tener en cuenta las curvas que se presentan en el paciente con neumotórax, ya que las presiones que se ejecutan pueden influir

enormemente en su condición y una de las principales presiones es la plateau, por lo que las curvas de la modalidad ventilatoria pueden alertar un aumento de presión significativamente de la vía aérea por medio de esta presión (61).

También es significativo resaltar que el aumento de estas presiones influye en las zonas de intercambio gaseoso o zonas de west quien definió “3 zonas pulmonares utilizando la presión arterial (Pa), presión venosa (Pv) y presión alveolar (PA)”, siendo en la “zona 1: $PA > Pa > Pv$ ” sitio en el que el flujo prácticamente es inexistente por las presiones vasculares en comparación a las presiones que tienden a ser menores en esta zona, “zona 2: $Pa > PA > Pv$ ” lugar donde la presión arterial y venosa está determinada por la presión de los alvéolos, y la “zona 3: $Pa > Pv > PA$ ” en esta zona la presión no coincide con el flujo (62).

Como se afirmó arriba, estas zonas son importantes a tener en cuenta ya que en pacientes con neumotórax las zonas tienden a cambiar, por lo que la zona 3 en este caso pasa a convertirse en zona 2 debido a que, la presión plateau excede la fuerza alveolar diastólica, por esto hay que tenerlas presente para determinar de manera adecuada donde existe una presión inadecuada o donde hubiese un flujo inexistente para seleccionar la modalidad ventilatoria mejor en los afectados de esta patología.

Sin embargo, existen muchos modos ventilatorios que pueden usarse en esta patología dentro de los principales podemos encontrar CMV (ventilación controlada por volumen) o A/C (asistida-controlada), SIMV (ventilación mandatoria sincronizada intermitente), PSV (ventilación con presión de soporte), PCV (ventilación controlada por presión), además de modalidades ventilatorias como la CPAP (presión positiva continua de la vía aérea), BIPAP (presión positiva Bifásica en la vía aérea) (63).

Por ejemplo, en los modos ventilatorios que pueden ser usados en personas inconscientes se puede usar la modalidad controlada por presión debido a que por medio de ella se puede ventilar al paciente de manera protectora sin embargo la ventilación controlada por volumen puede ser usada sin embargo en un traumatismo severo con los alveolos colapsados, se usa esta modalidad para evitar generar daños adicionales a los que ya están colapsados.

Por otro lado, a los pacientes que están conscientes se recomienda el uso de interfaces no invasivas en las que podemos encontrar modos ventilatorios como CPAP y BIPAP en las que por medio de estas interfaces se puede generar hasta cierto grado de comodidad en los que presentan neumotórax con alveolos colapsados, sin embargo cabe mencionar que en esta modalidad y las anteriormente mencionadas, esta patología debe ser tratada con delicadeza y mantener la vigilancia para no generar un daño adicional o también ocasionar una fatiga en la persona, debido a una aplicación inadecuada, es decir que no se adapte a las características propias de cada individuo.

Es por eso que, teniendo en cuenta lo anterior, se puede determinar el modo ventilatorio más adecuado, que se basa considerando si la persona es capaz de mantener una hemodinámica estable, ya que estos pueden estar conscientes, sin embargo, las particularidades que presente cada individuo influyen en la selección del manejo ventilatorio debido a que en un neumotórax el paciente puede estar inconsciente o consciente. Es por eso que por medio de los antecedentes del individuo se decide si se aplicará una respiración controlada, asistida, espontánea o soporte (64).

Así pues, también se debe tener presente que existen muchas complicaciones durante el uso de este soporte respiratorio, dentro de las que pueden surgir son; derivadas de la intubación, neumonía nosocomial, ventilación selectiva, extubación, lesión glótica, traqueomalacia, fístula traqueal y enfisema subcutáneo, Barotrauma, toxicidad por oxígeno, disminución del gasto cardíaco, hipotensión, broncoaspiración, neumonía asociada al uso, entre otros.

Es importante recordar que, si la persona está inconsciente y se presenta una modalidad de ventilación controlada, la humidificación juega un papel fundamental en el manejo del paciente y es por ello que el uso de humidificadores debe indicarse en éstos para evitar posibles complicaciones como lo son, por ejemplo: daño a los cilios, atelectasias, trastornos del surfactante, caída de la temperatura corporal, disminución de la compliance y la resistencia pulmonar. Dado que, el desacople respiratorio, efectos adversos de la sedo relajación, ansiedad/estrés, distensión abdominal, estreñimiento, broncoaspiración, aumento de la presión intracraneal, neumonía son otras afecciones asociadas a ventilación mecánica. Debe sospecharse en pacientes con dos o más de los

siguientes hallazgos clínicos: temperatura superior a 38° C o inferior a 36° C, leucopenia o leucocitosis, secreciones bronquiales purulentas e hipoxia (65).

Puesto que, los modos ventilatorios que se pueden considerar que están contraindicados en situaciones en las que no se pueda proveer oxígeno, incapacidad para mantener una hemodinámica estable y cuando no exista una estabilidad para hacer un transporte de pacientes en un estado crítico. Donde no existe un monitoreo cardiopulmonar, ni un control de la vía aérea van a ser las no invasivas ya que en estas situaciones necesitamos promover el intercambio gaseoso y es por ello que la modalidad ventilatoria como, por ejemplo; espontáneas y soporte no serían las adecuadas y en este caso las controladas serían las más adecuadas (64).

En cuanto a las modalidades que se pueden aplicar en las personas, estarán determinadas por la conciencia del paciente, así pues en estos casos se pueden aplicar a ellos la presión soporte en un sujeto consciente o la presión control en una persona inconsciente, se usan estas modalidades para evitar un mayor daño en la vía aérea de ellos, sin embargo también se puede optar por una CPAP o BIPAP, si se determina que es necesario su uso debido a que la presión soporte puede no ser lo más idóneo en estas situaciones, es por ello que más allá del modo ventilatorio recomendado, se selecciona en base a las presiones que se determinen necesarias para generar un intercambio gaseoso sin lesionar los alvéolos.

Es por eso que, se deben mantener unas presiones pico reducidas, pausas en la respiración bajas y mantener una hemodinámica estable en estos pacientes es lo primordial, aunque en estas modalidades es susceptibles a producir una hiperventilación o hipoventilación en caso de modificarse la resistencia de las vías aéreas y/o la compliance. De este modo las presiones que suministramos a la persona están siendo controladas por el ventilador evitando algún tipo de colapso ocasionado por las presiones generadas. En vista que, si no hubiera un especial cuidado en las presiones administradas, las complicaciones pueden ser fatales como un barotrauma o un volutrauma siendo esta última la más relevante en los últimos años debido a que el aumento de la presión relacionado con el aumento del volumen tidal da como resultado una sobre distensión de los alvéolos lo que produce la lesión muy grave (66).

Se debe tener presente que la modalidad de presión es una en la que el volumen corriente o tidal, es generado por la presión que se programa, el modo de presión soporte es aquel en el que se programa un trigger o disparo con la finalidad de ayudar al esfuerzo respiratorio, además de programar una presión que su objetivo es de soporte en los momentos en los que el paciente no puede controlar su frecuencia respiratorio y de esta manera no acumular dióxido de carbono.

Además, se debe tener un especial cuidado en las curvas y los parámetros que se producen en el paciente pero también se debe hacer énfasis en un término muy relevante que es el Auto-PEEP, en el cual se da cuando existe un efecto en la limitación de la salida de aire, aumenta el volumen residual y por lo tanto aumenta la presión positiva al final de la espiración, ya que esto y la interpretación de las curvas nos puede indicar una mejora en el estado de la persona o una disminución de la ventilación del mismo, es importante siempre la monitorización de dichas curvas ya que conocer las variables de ellas pueden determinar también alguna dificultad respiratoria por ejemplo en la interpretación de un neumotórax las curvas que se pueda presentar por una afección que se pueda desarrollar durante su uso como una atelectasia.

En vista de lo anterior, las curvas generan una gran cantidad de información a través de la cual se puede generar un pronóstico de los fenómenos que ocurren en la persona sometida a ventilación mecánica y con dicha información se puede generar un tratamiento efecto de lo que sucede en el paciente, es por ello que la interpretación y el conocer el término de Auto-PEEP, facilitan la interpretación de la presión en los alvéolos, la cual debe ser mayor a la presión de la vía aérea lo que ocasiona un flujo en contra de la resistencia espiratoria, esto nos determina que si en una persona existe un aumento de la presión positiva al final de la espiración ocasionará un fenómeno denominado atrapamiento aéreo (67).

Cabe mencionar que las curvas generalmente se determinarán por la modalidad de control que se genere, es por ello que conocer la relación de presión-volumen resulta compleja y generalmente es de forma sigmoidea, sin embargo Ranieri et al. Menciona que al tener una onda de flujo cuadrada en la que la ganancia de volumen en función del tiempo es constante, la linealidad de la curva de presión durante la insuflación hace que

el volumen tidal ocurra entre los dos puntos de inflexión de la relación presión-volumen, es por ello que el saber determinar cuándo una onda de flujo es de alguna de las formas antes mencionadas hace una gran diferencia en la interpretación de las curvas.

Es debido a lo anterior que la resistencia va a ser determinada por su variable control en ventilación mecánica es decir si es por volumen o por presión, es decir que si es por volumen su forma generalmente el gradiente de presión pico y meseta son paralelos a la resistencia, lo que genera que en la espiración exista una reducción del flujo espiratorio ocasionando una exhalación prolongada. Cuando es controlada por presión es muy diferente debido a que si aumenta la resistencia disminuye el pico de flujo inspiratorio, se reduce el tiempo inspiratorio y se reduce la meseta generando así, que si la resistencia es demasiado alta la presión meseta desaparezca, la presión en los alvéolos no sea suficiente para generar un gradiente de presión y resultado de esto disminuye el volumen tidal, además en este modo puede generar lo que se mencionó anteriormente el Auto-PEEP.

Por otro lado, cuando se habla de elastancia también son determinados por la variable que se desea controlar, es por ello que si es mediante un modo de volumen hay un incremento de la misma, llevando a un aumento de la presión meseta, generando en la exhalación una disminución significativa de ella y produciendo un aumento de flujo, sin embargo cuando es por presión genera un aumento la presión de los alveolos, ocasionando que el flujo desacelere reflejándose en la interpretación de las curvas, se prolonga la pausa inspiratoria y ocasiona que disminuya el volumen tidal, además ocasiona que sea más rápida, este fenómeno es mucho mayor al que se genera en el volumen control, debido a que el volumen se reduce de forma más progresiva (68).

Colapso alveolar.

En cuanto al colapso que ocurre debido al neumotórax, conlleva una serie de cambios en el pulmón como principal afectado, pero también, en otros órganos que desequilibran el normal funcionamiento del cuerpo, es decir, no solamente se compromete la respiración del paciente. Cuando el alveolo colapsa, se empieza a perder el espacio en donde se tendría que dar el intercambio gaseoso, lo cual no permite que ingrese oxígeno

en la cantidad apropiada hacia el cuerpo, ni que se elimine correctamente el dióxido de carbono.

Por lo tanto, esto empieza a llevar al paciente hacia una hipoxemia muy severa, la cual se convertirá en refractaria debido al cierre alveolar, es decir, aunque se administren grandes cantidades de oxígeno, el pulmón va a ser incapaz de transportarlo hacia el resto de los tejidos. La distensibilidad pulmonar también se ve afectada, debido a que el pulmón no va a poder recibir el volumen de aire necesario para expandirse en su capacidad total normal, llevando a que se presenten atelectasias, se altera la relación ventilación/perfusión, lo que aumenta el shunt pulmonar fisiológico y por ende la recuperación es mucho más difícil (69).

Reclutamiento alveolar.

Con respecto a este concepto es uno que se ha llevado a la práctica como una técnica de mucho beneficio para pacientes con un colapso alveolar (70). Es necesario recalcar que cada vez se utiliza más debido a que devuelve el intercambio gaseoso que se ha perdido, en este caso por causa de un neumotórax. Sin embargo, implementar esto conlleva una serie de ventajas y desventajas que se conocerán más adelante, igualmente los resultados positivos que se han demostrado son muy importantes, por ejemplo, se incrementa la capacidad residual funcional del paciente, por ende, hay áreas del pulmón que se mantienen distendidas, evidenciándose en la relación parcial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno.

Cabe señalar que los riesgos que se mencionaron anteriormente se deben tomar en cuenta antes de implementar esta técnica debido a que en la mayoría de casos de neumotórax no es todo el parénquima pulmonar el que está colapsado, si no, áreas en específico, por lo que se deben tener presente los efectos secundarios al momento de reclutar, para evitar que los alvéolos sanos se vean afectados. Considerando que, algunos de estos efectos secundarios son sumamente graves, como un barotrauma o volutrauma y pueden comprometer aún más la recuperación (71).

Es por ello, que entre los riesgos más destacados y uno muy común es el relacionado al descenso de la presión justo después del reclutamiento, esto puede provocar que los alvéolos que ya habían sido expandidos, se colapsen de nuevo, llevando a un

atelectrauma y mucha más lesión pulmonar. Sin embargo, este efecto se puede minimizar significativamente con la aplicación del PEEP, pero, a su vez, se debe cuidar continuamente la presión que se aplica, ya que al administrar uno muy alto puede provocar una disminución del retorno venoso debido al incremento de presión media en la vía aérea, también una alteración de la perfusión en áreas que están sobre distendidas, debido al aumento del espacio muerto; el barotrauma; y el incremento en la resistencia vascular pulmonar (72).

Por lo tanto, las presiones y los tiempos se deben controlar, cuando estás suben y bajan se pueden originar cierres cíclicos y esto conlleva a un desreclutamiento de los alvéolos y causar que los índices de oxigenación del cuerpo pueden bajar. Así mismo, un incremento o exceso de esta puede reexpandir zonas que ya estaban abiertas, causando trastornos hemodinámicos o que estás zonas se dañen más. Incluso se puede originar una translocación bacteriana, es decir, que se trasladen desde la mucosa intestinal hacia los pulmones, empujada por las presiones aplicadas desde el exterior o partes altas de la vía aérea al alveolo (71).

Puesto que esta maniobra está dirigida a expandir áreas del pulmón que están colapsadas, su funcionamiento esencial se basa en dos componentes que son el nivel de presión que se aplica y el tiempo, estos podrían parecer sencillos, pero tiene una complejidad no sólo en su comprensión, si no, en la práctica. Es por ello que se explican de la siguiente manera; el aumento de presión crítica que se aplica durante la inspiración es lo que origina la apertura de la unidades alveolares terminales, la cuál es baja en regiones no dependientes y alta en regiones dependientes e intermedia en zonas limítrofes. Esta se debe mantener durante un tiempo que sea suficientemente largo y también, evitar que la vía aérea se cierre por completo, por lo que se debe llegar a 40 centímetros de agua o incluso mayor (73).

Por otro lado, los beneficios de estas maniobras son principalmente fisiológicos debido que mejoran el intercambio gaseoso llevando a que haya una oxigenación adecuada, luego mejora el transporte de esta hacia los tejidos del cuerpo, es decir, la relación ventilación-perfusión y también aumenta la mecánica respiratoria. Sin embargo, los beneficios pueden variar de un paciente a otro, según la patología presentada, pero

se mencionan los siguientes, el incremento de la capacidad residual funcional, el reclutamiento de unidades alveolares adicionales, mejora la distensibilidad pulmonar, hay reducción de los cortocircuitos pulmonares y permite disminuir la FIO₂ (72).

Es por eso que, una de las primeras indicaciones de la aplicación de la maniobras de reclutamiento alveolar es el colapso pulmonar, que es originado por la existencia de un neumotórax (73), y la hipoxemia refractaria. Sin embargo, hay muchos diferentes escenarios donde se origina, como el desarrollo de atelectasias perioperatorias en zonas declives del pulmón durante intervenciones bajo anestesia general, es por ello que se debe conocer el mecanismo de formación, es decir, la compresión que tienen los alvéolos debido al cambio de presiones y de posición durante un proceso quirúrgico. Otras se originan debido a la absorción de gas de los alvéolos, ya sea por una oclusión completa de la vía aérea pequeña, por una alteración de la relación que hay en la ventilación y perfusión y por la alteración en la producción del agente tensoactivo llamado surfactante, facilitando el colapso de estos. Según algunos de estos mecanismos de formación, es como se ponen en práctica las estrategias terapéuticas adecuadas que permitan minimizar esto y así poder reducir las posibles complicaciones.

Las maniobras de reclutamiento que son realizadas correctamente en los pacientes con neumotórax, permiten mejorar la mecánica respiratoria y el intercambio gaseoso, pero se necesitan de estudios específicos que concluyan en el diagnóstico y gravedad, para que indiquen el momento, la frecuencia y el modo óptimo en el cual se puedan obtener resultados favorables para la persona, y así, poder reducir el riesgo de complicaciones que se puedan presentar y mejorando el pronóstico final para una recuperación (74). Según Correa, los hallazgos que se obtuvieron en el estudio realizado permitieron establecer que “la maniobra de reclutamiento alveolar con insuflación sostenida en pacientes ventilados despiertos con diagnóstico de atelectasia que se encuentren hemodinámicamente estables, tiene un efecto benéfico, con un gran impacto sobre la función respiratoria, ya que permite reducir / revertir el colapso y el impacto negativo de este sobre la función pulmonar” (75).

Maniobras de reclutamiento alveolar.

Las maniobras de reclutamiento alveolar se definen como “estrategia voluntaria para aumentar la presión transpulmonar de forma transitoria, con el objetivo de reabrir aquellas unidades alveolares que no están aireadas o mal aireadas pero que se pueden volver a abrir” (76). Aplicando un incremento breve y controlado de la presión de la vía aérea con la finalidad de reclutar alvéolos colapsados seguido de un ajuste de la presión positiva al final de la espiración, lo que aumenta el volumen pulmonar total y la capacidad residual funcional, ya que al aumentar la presión se favorece la expansión y de igual forma ocasiona una reducción del gasto cardiaco (40).

Sin embargo, el término reclutamiento se define como “un número indeterminado de unidades pulmonares en el fenómeno de la ventilación” esto incluye la apertura de todas las estructuras que son susceptibles al colapso como lo pueden ser los alvéolos. Cabe mencionar que este puede darse ya sea que existe un colapso en estas unidades y su finalidad es reabrir las unidades pulmonares colapsadas, es decir que si uno de estos está colapsado y se abre completamente durante la inspiración este se ha reclutado es por ello que el término está íntimamente relacionado con la temática.

Se debe tener presente que las maniobras de reclutamiento alveolar cumplen una estrategia protectora donde la ventilación como tal se mantiene con presiones y tiempo inspiratorio por un tiempo más prolongado generando así una apertura de los alvéolos colapsados, es importante también hacer énfasis que estas no generan un aumento de la mortalidad, sin embargo, porque no es adecuado pedirle a una maniobra cambios de esta misma. Por lo tanto, las curvas de presión-volumen son significativamente importantes en la interpretación de la mejoría de los alvéolos colapsados debido a que en la ventilación mecánica los valores de presión son positivos, el volumen residual no es visible y el asa inspiratoria puede comenzar en un valor distinto a cero si se le proporciona una presión positiva al final de la espiración (71).

El suspiro se considera un reflejo homeostático normal en el que se pretende mantener una distensibilidad pulmonar por medio del cual se disminuyen las atelectasias mediante el reclutamiento de alvéolos ya colapsados es por ello que el suspirar en personas despiertas es una fase de la respiración que no debe ser omitida y debe ser

propuesta una maniobra en personas sometidas a ventilación mecánica que se le denomina suspiro extendido (77).

Es por ello que, en la maniobra antes mencionada las fases que se pueden dar al momento de realizar una maniobra se comienza con una fase de reclutamiento pulmonar donde se proporciona una presión positiva y se va incrementando gradualmente, luego se puede sugerir la fase titular PEEP óptima en la que es proceso decreciente cada 3 minutos reduciendo la PEEP a 25 cmH₂O hasta un mínimo de 15 cmH₂O, luego se repite la fase número uno y por último se mantiene la ventilación, de esta manera las fases son de vital importancia conocerlas para generar una adecuada expansión alveolar (78).

Se debe tener presente que Malbouisson y cols “expresan una definición basada en cambios de volumen avalada por Tomografía Computarizada, en la que manifiestan que el reclutamiento debe tener en cuenta no sólo la cantidad de aire que insufla las unidades no aireadas, sino también, la que ingresa a unidades pobremente aireadas”, esto hace referencia a que las zonas mal ventiladas o pocamente ventiladas es donde se deben dirigir las maniobras, debido a que estas presentan una opacificación de “vidrio esmeralizado” por su atenuación radiológica.

Es por lo anteriormente dicho que, el primer requisito que se debe cumplir es la aplicación de presión positiva en la inspiración, sin ella no se puede iniciar un reclutamiento adecuado, el segundo paso a tener presente es el uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP), este parámetro es en términos simples el que mantiene la apertura, además de ello se debe tener presente el tiempo inspiratorio (79).

Por cierto, Lachmann y cols en 1982 citado por William Crispano, resumieron el reclutamiento alveolar en tres simples pasos: primero se debe superar una presión de apertura durante la inspiración, segundo la presión de apertura debe mantenerse durante un periodo de tiempo y tercero durante la espiración no debe pasar ningún tiempo crítico que ocasione el cierre de las unidades pulmonares, es por ello que la PEEP es tan importante ya que a través de ella se evita el colapso alveolar por lo que su uso entra en un concepto de pulmón abierto (80).

Es importante además hacer buen uso de lo anteriormente mencionado debido a que, si se utiliza solo presión positiva inspiratoria, se puede conseguir reclutamiento, pero

la no utilización, ni aumento inmediato o el inadecuado uso de PEEP puede generar desreclutamiento, es decir que las zonas pocamente ventiladas también estarán desreclutadas ocasionando un colapso alveolar progresivo en esta situación y agravando más el cuadro clínico de la persona. Además, se pueden usar maniobras aplicando presiones en la vía aérea de manera consciente o inconsciente, es decir que si un paciente es capaz de cooperar se pueden realizar presiones de manera no invasiva en la vía aérea. Recordando que “el volumen y la presión de un gas en cualquier compartimiento, se comportan de forma inversamente proporcional”. siendo así que las maniobras son proporcionales a la capacidad que presente para realizar una adecuada reexpansión.

Por otro lado, existe un término que es importante mencionar en las maniobras de reclutamiento alveolar, como es la ventilación neumoprotectora, esta se denomina anti-fisiológica, debido a que su principal función es evitar la lesión pulmonar producida por el modo mecánico, además de mejorar el parénquima y por ende ayuda a mejorar la supervivencia del individuo, esta se debe dar en base a tres estrategias principales: volumen corriente bajo la cual disminuye la sobre distensión, lo que disminuye un volutrauma y el atelectrauma, bloqueo neuromuscular es decir reducir la interacción ventilador-paciente y pronación disminuye la presión en el tórax mejorando la ventilación/perfusión lo que ayuda a que se genere una expansión alveolar con mayor facilidad (81).

Otra maniobra que es importante señalar es la membrana de oxigenación extracorpórea (ECMO), esta puede ser usada si se cumple ciertos apartados de manera metódica en la que la persona pueda recuperar su función pulmonar, es decir no es una estrategia óptima si el paciente por ejemplo tiene una edad superior a 65 años y presenta comorbilidades, es por ello que debe valorarse el riesgo beneficio de esta maniobra de rescate debido a que tampoco existe evidencia tangible que sustente su beneficio (82). Sin embargo, en los pacientes que no puedan cooperar en la situación antes descrita puede hacer uso de dispositivos que faciliten o ayuden en el reclutamiento alveolar como lo son, por ejemplo: suspiro extendido, CPAP, BIPAP, etc. De esta manera en personas

con padecimientos que ponen en peligro la vida, estas juegan un papel importante ya que dan especial soporte en el intercambio de gases (83).

Ahora bien, dentro las presiones que se usan en cuidados de pacientes con padecimientos como el neumotórax podemos aplicar el suspiro extendido el cual se usa de manera sencilla, donde se usa principalmente una combinación de volumen tidal modificable con PEEP. Esta se usa de la manera siguiente: “Se inicia con un VT de 8 ml/kg y una PEEP de 10 cmH₂O. Luego se modifican los valores de VT/PEEP cada 30 segundos así: 6/15, 4/20 y 2/25. Posteriormente se pasa a CPAP de 30 cmH₂O por 30 segundos después de lo cual se retorna a valores iniciales siguiendo el mismo orden, pero en sentido inverso”, esta debe repetirse dos veces cada 15 minutos por una hora y esta se denomina suspiro extendidos porque genera que el volumen bajo que se administró progrese al siguiente paso con un volumen mayor del cual inició (84).

Por un lado, una maniobra que fue descrita por Medoff y cols “ventilación controlada por presión” habla de que esta inicia con una presión de PEEP inicialmente de 40 de cmH₂O y PIM de 20 cmH₂O sobre la PEEP, esto se mantiene durante dos minutos y luego se reduce la PEEP a 25 cmH₂O lo que genera un mantenimiento del reclutamiento, otros investigadores como Richards y cols, proponen que se combine esta técnica en una posición prono del paciente lo que generará una optimización en las vías aéreas posterobasales que generalmente se ocasionan colapso en ellas (85).

Por otro lado, Hodgson y cols describieron otra técnica de reclutamiento alveolar con escalonamiento decreciente más la PEEP, esta se describe con un “aumento progresivo de PEEP hasta alcanzar 40 cmH₂O durante la ventilación por varios minutos, en una modalidad de presión control, estos pacientes recibieron presiones aproximadamente de 15 más o menos 3 cmH₂O. La PEEP aumentó desde el inicio de 10-18 a 20, 30 y 40 cmH₂O cada dos minutos para para lograr una presión máxima de 55 ± 3 cmH₂O, luego disminuyó en intervalos de 3 minutos a 25, 22.5, 20, 17.5 y 15 cmH₂O hasta que se detectó una disminución del 1% al 2% de la máxima saturación de oxígeno (SpO₂)”, esto género que los volúmenes entregados fueran menores de 6 ml/kg de peso ideal, la fracción inspirada de oxígeno se ajustó a la saturación de oxígeno de 90-92%, en una posición supina con ligera inclinación de la cabecera (86).

Sin embargo, Matos y cols aplicaron una estrategia guiada por tomografía torácica computarizada en la que se incluyeron dos fases: “una de reclutamiento para calcular las presiones de apertura (pasos incrementales bajo ventilación controlada por presión hasta presiones inspiratorias máximas de 60 cmH₂O, a presiones de conducción constantes de 15 cmH₂O); y una fase de titulación (pasos decrecientes de PEEP de 25 a 10 cmH₂O) utilizada para estimar la PEEP mínima para mantener los pulmones abiertos”, en esta maniobra cabe resaltar que se va calculando las presiones generadas lo cual genera un grado de seguridad en el estado de pulmones por la tomografía torácica computarizada, además por medio de esta prueba se determinó que esta revierte eficazmente la hipoxemia y la mayor parte del pulmón colapsado (87).

De esta manera se puede lograr una expansión de los alvéolos que ayude al paciente en su intercambio gaseoso en situaciones de un mayor riesgo a evitar una posible hipoxia e hipoxemia. Las maniobras de reclutamiento alveolar pueden ser beneficiosas, sin embargo, se debe tener un especial cuidado en las lesiones que pueden producir por una realización inadecuada de dichas maniobras debido a que estas maniobras pueden producir una oxigenación breve, y pueden generar una desaturación si no se utiliza de forma adecuada.

Es por eso que, estas maniobras “deben tener como común denominador una fase de expansión/reclutamiento medida por la presión inspiratoria máxima aplicada por unidad de tiempo seguida del establecimiento de un valor de PEEP para mantener los resultados” de esta manera las estrategias de expansión alveolar tienden a ser evaluadas previamente teniendo presente la posibilidad de barotrauma, medición de la distensibilidad y la valoración del impacto hemodinámico.

También, se debe tener presente además que las maniobras de reclutamiento alveolar cumplen una estrategia protectora donde la ventilación como tal se mantiene con presiones y tiempo inspiratorio por un tiempo más prolongado generando así una apertura de los alvéolos colapsados, es importante también hacer énfasis que no generan un aumento de la mortalidad (88).

Además, cabe mencionar que las maniobras de expansión alveolar no son del todo beneficiosas ya que se generan algunos efectos adversos dentro de los cuales tenemos:

una disminución del tejido no aireado en los pacientes, disminución de la distensibilidad, aumento notable de la hiperinflación máxima y no disminuye el reclutamiento, debido a esto se debe tener en cuenta el efecto en la hemodinámica y las funciones pulmonares que se puedan lesionar con estas maniobras, es entonces por ello que las anteriormente mencionadas deben ser usada en situaciones de hipoxemia severa.

Es debido a que las maniobras de reclutamiento alveolar en pacientes pediátricos son usadas como técnicas de rescate y no como técnicas de uso rutinario que existen pocos estudios que avalen la información de forma sistémica en su utilización, seguridad y forma de aplicación, es por ello que pueden ser beneficiosas en un primer momento, pero pueden ser contraproducente si se prosigue su aplicación de forma rutinaria debido a las presiones constantes que pueden generar dichas maniobras (89).

Maniobras de reclutamiento alveolar ventilatorias

A su vez, estas maniobras pueden implementarse estrictamente bajo una ventilación de alta frecuencia, debido a que en este modo se da lugar a presiones medias en las vías aéreas que están más elevadas, lo que lleva a que haya una limitación en el cierre alveolar y, por ende, aumenta el volumen pulmonar al final de la espiración (71). Se caracteriza específicamente por la aplicación de una frecuencia respiratoria muy superior a 100 respiraciones y a su vez, son expresadas en Hertz.

Debido a esto, la combinación de la fracción inspirada de oxígeno y la presión media generada en la vía aérea determina la oxigenación, lo cual lleva a el resultado de una oscilación muy mínima que resulta en una generación de volúmenes tidales inferiores al espacio muerto, pero que son suficientes para mantener una ventilación adecuada. Esto se atenúa en las vías aéreas principales, lo que lleva al reclutamiento alveolar debido a la cantidad de presiones elevadas y a los volumen bajos que se implementan, evitando a su vez, la sobredistensión de los alvéolos o fenómenos como un colapso-apertura alveolar cíclicos, aportando medidas neumoprotectoras y mejorando el intercambio gaseoso.

También, la relación inspiración-espiración invertida que se implementa para el mejoramiento del intercambio gaseoso frente a un colapso alveolar debido a un neumotórax se han demostrado beneficios muy importantes, por ejemplo, hay una

disminución en las presiones picos y la mejoría en la ventilación y la oxigenación del paciente, es por ello que se aplica en modalidades ventilatorias que son reguladas por presión, en las cuales se va alargando la fase inspiratoria hasta superar el tiempo de inspiración. Por otro lado, también se hace uso de la ventilación en decúbito prono, la cual se fundamenta en la aplicación de fuerzas gravitacionales para poder disminuir la tensión que hay en las pleuras de las regiones dorsales de los pulmones, lo que lleva a una mejoría de la ventilación en dichas zonas, por ende, a un mayor reclutamiento y a la optimización de la relación ventilación-perfusión (90).

Sin embargo, la perfusión no varía notablemente, por lo que se obtiene una mejoría en esto, beneficiando mucho más la recuperación del paciente. La posición prona puede considerarse una forma de reclutamiento alveolar si además se combina con una de las técnicas de ventilación convencional, todo esto con el fin de potenciar las ventajas y lograr una expansión más uniforme de los pulmones por medio de las presiones aplicadas y así lograr que la estancia en la unidad de cuidados intensivos sea corta.

Ejemplos de reclutamiento alveolar.

Con respecto a las diferentes maniobras descritas anteriormente, la respuesta al reclutamiento es muy variable de un paciente a otro y depende de muchos factores tales como el tipo de lesión ya sea pulmonar o extrapulmonar, la fase evolutiva que puede ser precoz o tardía, la severidad del caso, la historia del volumen pulmonar previo, el tipo de técnica implementada y el nivel de presión alcanzado (91). Es por ello que el rango de presiones descrito en la mayoría de estudios clínicos va desde un mínimo de 40 centímetros de agua que son necesarios para reexpandir pulmones sanos colapsados tras la inducción anestésica hasta 60 centímetros de agua, sin embargo, esto cambia al ser utilizados en pacientes con neumotórax u otras patologías.

De igual modo, es muy fácil entender y comprender que una misma maniobra de reclutamiento que se emplea, tendrá una respuesta diferente en distintos pacientes, y que para conseguir un beneficio efectivo y óptimo como se describió con anterioridad, cada individuo debe ser individualizado en cuanto a su tratamiento. Así, el empleo de un único nivel de presión podría resultar en no conseguir una reexpansión efectiva si los parámetros empleados fuesen demasiado bajos o en riesgos innecesarios si fuese

demasiado elevado (92). Es por ello que a continuación se presentan casos en donde se implementaron diferentes estrategias y los resultados obtenidos.

La importancia de lo explicado en el párrafo anterior sobre las maniobras de reclutamiento alveolar fue puesta en manifiesto por Borges al utilizar una modalidad secuencial de presión controlada comenzando primero con una PEEP de 25 cmH₂O y de una presión inspiratoria sobre PEEP de 15 cmH₂O. También, subiendo su incremento gradualmente en pasos de 5 cmH₂O, y exploró la respuesta obtenida a niveles crecientes desde 40 hasta 60 cmH₂O en los pacientes. De igual forma, para evaluar si el pulmón era reclutado de modo completo, analizaron la oxigenación de cada uno y la tomografía computarizada tras disminuir a los valores de inicio con una PEEP de 25 cmH₂O, siendo este un nivel más que suficiente para evitar el desreclutamiento de los alvéolos y dando por sentado la efectividad de la técnica.

Con respecto a lo anterior, se implementó en 26 pacientes con neumotórax a tensión, donde la mitad de estos necesitó de niveles mayores a 40 cmH₂O para conseguir un reclutamiento completo. Si solamente se hubiese explorado el primer nivel de presión, habrían quedado en claro que la mitad de estos no respondieron bien a lo aplicado, es decir, que no presentaron una mejoría en su recuperación. Mientras que, al individualizar la maniobra, sólo dos personas no pudieron obtener alvéolos reclutados de modo completo y cada uno fue tratado a un nivel óptimo evitando niveles que fueran innecesarios o que causaran más daño (93).

Por otro lado, Correa en la revista de caracterización de la función pulmonar en pacientes adultos despiertos en ventilación mecánica invasiva con diagnóstico de atelectasia, antes y después de ser reclutados con maniobra de insuflación sostenida (75), presenta un estudio que fue desarrollado de manera descriptiva, donde se pretendía dar a conocer las características de la función respiratoria en un grupo de 52 pacientes adultos despiertos con atelectasia causada por un neumotórax, antes y después de ser reclutados, en una unidad de cuidados intensivos cardiovascular de la ciudad de Bogotá.

En relación a lo anterior, se les aplicó una maniobra de insuflación sostenida cuantificando las variables de función respiratoria como los hallazgos radiológicos, la relación de la presión parcial de oxígeno y la fracción inspirada de este, el shunt

intrapulmonar, la pulsioximetría, el volumen espirado y la distensibilidad dinámica en cada uno de los pacientes, para tener mejor vigilancia y control sobre los parámetros que reflejan la hemodinamia en ellos.

En particular, los resultados mostraron una alteración en la función de los pulmones de estos pacientes y también, un cambio significativo en las variables que se midieron tras la aplicación de la técnica como una mejoría de la relación PaO_2/FiO_2 , un incremento significativo en la saturación de oxígeno de 91,4% hasta 94%, una disminución del shunt intrapulmonar desde 31,5% al 24% y mejoría en los valores de volumen corriente y distensibilidad dinámica tras el reclutamiento, evidenciando así, cambios significativos de mejoría en los hallazgos radiológicos de atelectasia antes y después de ejecutada la maniobra de insuflación sostenida. Con los resultados registrados, se pudo establecer la eficacia del reclutamiento alveolar con insuflación sostenida en la mejoría de la función pulmonar y mejorando la gravedad en la que se encontraban (75).

También, el estudio realizado por Guirola J. en la revista de Maniobra de reclutamiento alveolar en la injuria pulmonar aguda debido a un neumotórax (92), llevo a que la maniobra de realizada a pacientes ingresados en la UCI del Hospital Provincial disminuyera relacionada a el promedio de los días de estancia y ventilación mecánica, al igual que la tasa de mortalidad y las complicaciones asociadas a la aplicación de la técnica en los pacientes. A estas personas se les administró volúmenes tidales de 6 a 8 ml/kg y se les aumentó la PEEP al doble de la PEEP previa. Esto corresponde a parámetros de volumen bajo y PEEP altas, que se han evidenciado en ser los más idóneos al momento de aplicar esta estrategia con el fin de abrir el pulmón y evitar el desreclutamiento, manteniéndolo abierto y, por ende, mejorar el estado hemodinámico de cada uno de ellos.

Los sujetos de estudio fueron 30 pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos que cumplieron los criterios de inclusión en ser mayores de 15 años, con un caso de neumotórax debido a un traumatismo. Se les realizó gasometría arterial calculando la PaO_2/FiO_2 , para así determinar la severidad de la hipoxemia en la que se encontraban, utilizando la escala de Murray y así poder determinar el tratamiento que se

implementaría en cada uno de ellos. La técnica se realizó durante los primeros siete días de ventilación mecánica y se compararon con una muestra histórica de otros pacientes de la misma unidad. Con este estudio, se concluyó que la maniobra de reclutamiento alveolar mejora el índice de oxigenación en el cuerpo, disminuye los días de estancia en hospitalaria y los días de ventilación mecánica en la unidad de cuidados intensivos. También se redujo la tasa de mortalidad y las complicaciones asociadas a la aplicación de la misma (94).

Por último, Juliani P en el Impacto de la maniobra de reclutamiento alveolar en el postoperatorio de cirugía Bariátrica Video laparoscópica, describió que estás presentaban varias complicaciones, entre ellas, las pulmonares que suponían una gravedad alta, las cuales se presentan en el postoperatorio inmediato. Acorde con esto, se mencionó que la obesidad mórbida podía promover la restricción pulmonar por la acumulación de grasa a nivel torácico y abdominal, es decir, esto generaba una complicación pulmonar incluso antes de la intervención quirúrgica y solía empeorar mucho más después de la anestesia general y la posición supino prolongada durante la cirugía, llevando a una mayor probabilidad de presentar un colapso de los alvéolos (95).

De este modo, se desencadena una disminución de capacidades y volúmenes pulmonares, promoviendo el desarrollo del colapso pulmonar del paciente; puesto que la anestesia disminuye la capacidad de un intercambio gaseoso adecuado en cierta medida (96). Este estudio se realizó con 30 sujetos divididos en dos grupos, uno control y el otro, experimental, donde todos fueron intervenidos para cirugía bariátrica, la maniobra de reclutamiento alveolar fue realizada al grupo experimental en el momento de la reducción del gas del neumoperitoneo; por lo que se tomaron variables pulmonares y hemodinámicas antes, durante y después de la intervención en cada uno de ellos. Los pacientes de este grupo presentaron mejoras en sus patrones espirométricos y radiológicos, y no presentaron complicaciones pulmonares en referencia al grupo control.

CONCLUSIÓN

A partir de la evidencia recolectada, llegamos a la conclusión que son diversas las maniobras de reclutamiento que se pueden utilizar ante un colapso alveolar, pero que dependiendo la gravedad dan el resultado que se quiere lograr, en el trabajo se ha desarrollado y se ha dado a conocer lo más importante o la maniobra más principal que se basa en que la presión que se administre ayude a permeabilizar los alvéolos y se mantenga por un tiempo determinado, como por ejemplo lo permite la presión continua y la decreciente, de igual manera se definió que el neumotórax representa una alteración significativa del sistema respiratorio, caracterizada por la presencia de aire en la cavidad pleural, lo que provoca el colapso parcial o completo del pulmón afectado.

A lo largo del ensayo, se ha destacado la importancia de un conocimiento profundo del sistema respiratorio, dando a conocer sus partes y en lo que realmente afecta esta patología, de igual manera, el conocimiento de los síntomas y su etiología, que puede ser espontánea, iatrogénica, catamenial, a tensión y traumática, así mismo, las características clínicas que varían según la gravedad del colapso pulmonar. El tratamiento de esta patología, particularmente en casos graves se ve beneficiado por el uso de la ventilación mecánica, una herramienta fundamental para restaurar la función respiratoria.

Dentro de las estrategias ventilatorias, las maniobras de reclutamiento alveolar juegan un papel crucial, ya que permiten re expandir las áreas pulmonares colapsadas, mejorando la oxigenación y reduciendo el riesgo de complicaciones como un barotrauma. Siendo así, estas maniobras aplican presión positiva en las vías respiratorias, permitiendo la reapertura de los alvéolos, lo que mejora el intercambio gaseoso. En resumen, el manejo adecuado del neumotórax con el apoyo de ventilación mecánica y las diferentes técnicas que existen pueden marcar una diferencia sustancial en la evolución clínica del paciente, proporcionando una vía eficaz para restablecer la funcionalidad respiratoria y disminuir la tasa de mortalidad asociada a esta patología.

En definitiva, el neumotórax es una condición que afecta directamente los pulmones del aparato respiratorio comprometiendo su principal función que es la respiración y dañando el equilibrio que hay en cuanto a la cavidad pleural, afectando las presiones

que permiten la expansión del pulmón al haber un acúmulo de aire debido a un traumatismo, colapsando las unidades respiratorias que son los alvéolos y evitando una distensión por medio del surfactante.

En concreto, compromete el intercambio gaseoso del aparato respiratorio como función principal, en primer lugar, la entrada de aire por medio de la inhalación está intacta ya que en las vías aéreas superiores no ocurre una afección directa, es decir, se mantiene el paso de flujo de aire por la contracción del músculo diafragma pero no es suficiente para expandir en su totalidad al pulmón debido a la presencia de aire, agua o sangre dentro de las pleuras llevando a que este no se insuffle, en segundo lugar, los alvéolos pulmonares colapsan y esto lleva a que no ocurra el intercambio de oxígeno por dióxido de carbono, y por último, al haber colapso como se mencionó anteriormente, la difusión de oxígeno hacia los demás tejidos del cuerpo se vuelve baja. Finalmente ocurre una dificultad para respirar, tos seca e incluso con sangre, una respiración acelerada y también hipoxemia debido a la falta de oxígeno.

Por lo tanto, el neumotórax no sólo es causado por un traumatismo, si no que, existen causas diferentes que llevan a una acumulación de aire, entre las principales están por una rotura de las pleuras o una abertura del tórax. En particular se describe cada una de las clasificaciones según su etiología, como por ejemplo los que son causados de manera espontánea de los cuales algunos no se conocen a ciencia exacta su origen, los que se dan por consecuencia de intervención médica en las cuales se incluyen procedimientos como la colocación de un catéter de vena central donde inesperadamente y sin intención, al fallar hay mucha probabilidad de perforar un pulmón el cuál es uno de los factores más comunes, denominada neumotórax iatrogénico

Además de lo anteriormente mencionado, existe una clasificación muy grave como lo es el neumotórax a tensión el cual consiste en una acumulación de aire en el espacio intrapleural, es decir que, aunque el aire entre con cada respiración este no puede ser expulsado en la exhalación. En relación a la clasificación etiológica, se concluye que en cada una de ella existe un colapso completo o parcial ya sea de uno o los dos pulmones por diferentes causas, provocando un colapso alveolar que compromete la vida del paciente, siendo esta una consecuencia que debe ser tratada con urgencia.

Con respecto a la forma de rescatar o insuflar los pulmones que han sido afectados debido a lo mencionado anteriormente, las maniobras de rescate o reclutamiento alveolar influyen de manera importante, ya que, son las que se implementan para aumentar la presión transpulmonar, con la finalidad de abrir nuevamente aquellas unidades alveolares que están colapsadas debido a un neumotórax. Dicho de otra manera, la presión que se aplica favorece la expansión mejorando así el intercambio gaseoso y por ende a la mejoría gradual del estado respiratorio del paciente.

Se debe agregar que la presión que se aplica primeramente debe ser positiva en la fase de inspiración ya que se tiene que superar la apertura de las vías aéreas superiores, luego esta debe mantenerse durante el tiempo que se considere conveniente y por último al final de la espiración, siendo esta la que ayuda a que los alvéolos se mantengan abiertos. Ahora bien, otra de las maniobras de reclutamiento alveolar muy importante que es la membrana de oxigenación extracorpórea la cual consiste en un suspiro extendido al momento de la ventilación.

Con respecto a la forma en que se implementan las diferentes maniobras mencionadas anteriormente, la ventilación mecánica entra en juego debido a que sirven como medio para aplicarlas, con el objetivo corregir o reclutar los alvéolos colapsados por un neumotórax, sin embargo, existen muchos modos ventilatorios que son más eficaces y adecuados para tratar esta condición, como, por ejemplo, todos los invasivos controlados por presión, ya que permiten el control de la fuerza con la que el aire llegará a los pulmones. Por otro lado, la modalidad soporte puede ser utilizada ya que se pueden mantener presiones picos bajas, así como pausas más bajas, a la vez mantener una buena hemodinamia y no se corre el riesgo de dañar aún más los alvéolos y a la vez, sin embargo, se puede producir hiperventilación o hipoventilación.

Es por ello que, se presentaron diferentes ejemplos en donde implementan las maniobras que se mencionaron anteriormente en diferentes poblaciones de estudio y bajo criterios de inclusión específicos, con el fin de demostrar el beneficio que conlleva la aplicación de estas en pacientes que están en la unidad de cuidados intensivos bajo alguna modalidad de ventilación mecánica, relacionándose todos en concluir que

efectivamente mejoró la mecánica pulmonar en estos paciente, la oxigenación en el cuerpo y el reclutamiento de las áreas colapsadas de los pulmones.

En vista de que, bajo ventilación soporte se pueden dar más complicaciones, se recomienda el uso de modos controlados por presión en los cuales el volumen corriente o tidal, es generado por la presión programada y es fácilmente controlada por el personal. Además, es mediante este que se aplican las maniobras de reclutamiento mencionadas con anterioridad con el objetivo de aplicar presiones necesarias para mantener distendido el alvéolo evitando de desreclutamiento, las cuales deben ser establecidas de acuerdo a cada paciente, es decir, que su tratamiento se individualiza relacionado a las características propias que poseen, antecedentes clínicos, resultados radiológicos, gravedad de la afección, entre otras, para que no corra el riesgo de provocar una sobre distensión y que estos en el peor de los casos exploten.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ossés JM, Gaitán C, Susana Nahabedian. Neumotórax. Revista Medicina Respiratoria. 2003; 3(1): p. 35-49. Disponible en: https://www.ramr.org/articulos/volumen_3_numero_1/editoriales/editorial_re_v_3_1_neumotorax.pdf
2. A. Retegui García. EL SEVIER. [Online]; 2022. Acceso 3 de Marzode 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304541222002979>.
3. Díaz R. René. Ventilación mecánica en trauma de tórax severo. [Online].; 2011. Acceso 10 de Marzo de 2024. Disponible en: <https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia/article/download/172/161/339>.
4. Montero Quesada Néstor. Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación. [Online]; 2018. Acceso 4 de Mayode 2024. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-67182018000200008.
5. Campos D. Biblioteca de salud. [Online].; 2015-2016. Acceso 5 de Mayo de 2024. Disponible en: <https://fi-admin.bvsalud.org/document/view/2rbm>.
6. Ministerio de Salud de El Salvador. Ministerio de Salud de El Salvador. [Online].; 2012. Acceso 11 de Agosto de 2024. Disponible en: https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/guia/guia_cirugia_general.pdf.
7. CM. Rosa. Revistas NPunto. [Online]; 2022. Acceso 12 de Juniode 2024. Disponible en: <https://www.npunto.es/revista/49/complicaciones-asociadas-a-la-ventilacion-mecanica-invasiva>.
8. Garnero AJ, Abbona H. EL SEVIER. [Online]; 2013. Acceso 9 de Juliode 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0210569112003166>.
9. Asenjo A. EL SEVIER. [Online]; 2017. Acceso 20 de Juniode 2024. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300020?via%3Dihub>.

10. Acuña Navas María José. Medicina Legal de Costa Rica. [Online]; 2010. Acceso 12 de Juniode 2024. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152010000100007.
11. Rahman NM. MANUAL MSD. [Online]; 2023. Acceso 20 de Agostode 2024. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-pulmonares/trastornos-mediast%C3%ADnicos-y-pleurales/derrame-pleura>.
12. Junta de Castilla y León. Salud Castilla y León. [Online]; 2018. Acceso 20 de Agostode 2024. Disponible en: <https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/guia-asma/aparato-respiratorio-funciona>.
13. Dezube R. MANUAL MSD. [Online]; 2023. Acceso 13 de Juliode 2024. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/biolog%C3%ADa-de-los-pulmones-y-de-las-v%C3%ADas-respiratorias/introducci%C3%B3n-al-aparato-respiratorio>.
14. Velasquez E. Slideshare. [Online]; 2016. Acceso 28 de Mayode 2024. Disponible en: <https://www.slideshare.net/eddynoy/mecanica-de-la-respiracin-70360439>.
15. Erazo Escobar C.A. Editorial Universidad Santiago de Cali. [Online].; 2021. Acceso 21 de Julio de 2024. Disponible en: <https://libros.usc.edu.co/index.php/usc/catalog/download/435/601/8064?inline=1>.
16. Tello E. Fisioterapia ETC. [Online]; 2022. Acceso 19 de Juliode 2024. Disponible en: <https://www.fisioterapiaetc.com/musculo-diafragma/>.

17. Ocaña-Servín H. L. Medicina investigación UAEMEX. [Online]; 2021. Acceso 21 de Juniode 2024. Disponible en: <https://medicinainvestigacion.uaemex.mx/article/view/18484/13717>.
18. F.G. Esthela. Manual de laboratorio de fisiología. 6th ed. McGraw-Hill , editor. México DF: McGraw-Hill Interamericana; 2015.
19. Escandell M. Slideshare. [Online]; 2014. Acceso 17 de Juniode 2024. Disponible en: <https://www.slideshare.net/slideshow/presentacin-fisiologa/34575248>.
20. Beltrame DB. Tua Saúde. [Online]; 2023. Acceso 18 de Juniode 2024. Disponible en: <https://www.tuasaude.com/es/surfactante/>.
21. Cruz Rodriguez A. Revista dossier. [Online]; 2023. Acceso 18 de Juniode 2024. Disponible en: <https://sebbm.es/revista/dossier/el-surfactante-pulmonar-un-sistema-lipoproteico-clave-para-la-mecanica-respiratoria/>.
22. Francis A. Hipócrates. Genuine Works. New York: William Wood and Company. 1886; 2(259): p. 226.
23. Playfair GE. Case of empyema treated by aspiration and subsequently by drainage. Br Med J. 1875; 1(45).
24. Hewitt FC. Drainage for empyema. Br Med J. 1876; 1(1317).
25. Graham ES. Open Pneumothorax. Its relation to the tratment of empyema. War medicine. 1918; 156(839).
26. Dres. Fiorentino Jorge A. Revista Pediátrica. [Online].; 2015. Acceso 16 de Junio de 2024. Disponible en: <http://revistapediatria.com.ar/wp-content/uploads/2015/12/Numero-259-Fiorentino-Neumotorax.pdf>.
27. Maximiano DC. Cancer de Pulmón. [Online]; 2013. Acceso 15 de Juniode 2024. Disponible en: <http://cancer-pulmon.com/informacion-medica/1-1-que-son-los-pulmones-anatomia-y-funciones/#>.

28. Pun YW. Neumomadrid. [Online]; 2017. Acceso 11 de Juniode 2024. Disponible en: https://www.neumomadrid.org/wp-content/uploads/monogy_11._neumotorax_y_hemotorax.pdf.
29. Álvarez Carlos. Repositorio de Universidad de Chile. [Online]; 2018. Acceso 13 de Juniode 2024. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/187723/Traumatismo-de-torax.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
30. A. Henry. BTS Guidelines fir the Management of Spontaneous Pneumothorax. Thorax. 2003; 2(58): p. 39-52.
31. Espinosa Jiménez D. Neumosur. [Online]; 2018. Acceso 17 de Juniode 2024. Disponible en: https://www.neumosur.net/files/publicaciones/ebook/56-NEUMOTORAX-Neumologia-3_ed.pdf.
32. Ambrosio R. Gaceta Facultad de Medicina. [Online]; 2021. Acceso 23 de Juniode 2024. Disponible en: <https://gaceta.facmed.unam.mx/index.php/2021/07/28/por-la-historia-de-la-medicina-los-rayos-x/#:~:text=Los%20rayos%20X%20fueron%20descubiertos,placa%20de%20metal%20para%20poder%20%E2%80%9C>.
33. Menéndez BAS. Revista Cubana de Cirugía. [Online].; 2008. Acceso 18 de Julio de 2024. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932008000400014.
34. Saagastume JCV. Neumotórax Espontáneo. Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica. 2015; 1(617): p. 723-727. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2015/rmc154g.pdf>
35. Barker A MEELE. Recurrence rates of video-assisted thoracoscopic versus open surgery in the prevention of recurrent pneumothoraces. Lancet. 2007; 2(67): p. 370-329.

36. Lopez Paula C. FMC. [Online].; 2021. Acceso 22 de Julio de 2024. Disponible en: <https://www.fmc.es/es-neumotorax-traumatico-articulo-S1134207221002012-pdf>.
37. Peikert Tobias. Catamenial Pheumothorax. Mayo Clinic Proceedings. 2005; 80(5): p. 677-680. Disponible en: [https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(11\)63102-9/fulltext](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(11)63102-9/fulltext)
38. Ramos Gomez Luis A. Fundamentos de la ventilacion mecanica. España: Mage Medica Books; 2012. p. 53.
39. Arango-Granadosa María Camila. Ventilacion Protectora y Maniobras de Reclutamiento Alveolar. Revista Argentina de Anestesiologia. 2016; 74(1).
40. Cediél Ximena. Enfoque Del Paciente Crítico y Ventilación Mecánica Para No Expertos. En Ximena Cediél. Enfoque Del Paciente Crítico y Ventilación Mecánica Para No Expertos. Colombia: Búhos Editores Ltda.Tunja; 2020. p. 111.
41. SATI LdCdNCdl. Principios de la Ventilacion mecanica y diseño de los ventiladores. En SATI LdCdNCdl. Ventilacion Mecanica. Argentina: Editorial Medica Panamericana S.A.C.F; 2018. p. 3.
42. Gordo F. La ventilación mecánica no invasiva en los servicios de urgencias. Emergencias 2021. 2020; 33(3-4).
43. Monasterio A. El Blog De la Fisioterapia. [Online]; 2022. Acceso 15 de agosto de 2024. Disponible en: <https://www.blogdefisioterapia.com/que-ciclo-ventilatorio-tiene-el-respirador/#:~:text=Fases%20del%20ciclo%20ventilatorio%3A%20En%20el%20ciclo%20ventilatorio,ciclado%20espiratorio%2C%20diferentes%20en%20cada%20modo%20de%20VM>.
44. SATI LdCdNCdl. Indicaciones y Programacion inicial. En SATI LdCdNCdl. ventilacion mecanica. Argentina: Editorial Medica Panamericana S.A.C.F; 2018. p. 149.

45. SATI LdCdNCdl. Monitorización de Parámetros. En SATI LdCdNCdl. Ventilación Mecánica. Argentina: Editorial Medica Panamericana S.A.C.F.; 2018. p. 17.
46. SATI LdCdNCdl. Modos, Indicaciones, Asincronías y Destete. En SATI LdCdNCdl. Ventilación Mecánica. Argentina: Editorial Medica Panamericana S.A.C.F. ; 2018. p. 99.
47. Galiana Andres B. Médico Interactivo. [Online].; 2014. Acceso 4 de Octubre de 2024. Disponible en: <http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Manual%20de%20urgencias%20y%20Emergencias/ventmeca.pdf>.
48. Cediél Ximena. Interrupción de la ventilación mecánica. En Ximena Cediél. Enfoque Del Paciente Crítico y Ventilación Mecánica Para No Expertos. Colombia: Búhos Editores Ltda.Tunja; 2020. p. 147.
49. Gonzalez IP. Manejo de las alarmas más frecuentes en ventilación mecánica. Revista Ocronos. 2022; V(9). Disponible en:<https://revistamedica.com/manejo-alarmas-ventilacion-mecanica/>
50. Ferragut R. Ventilación mecánica controlada y asistida-controlada. Asociación española de pediatría. 2023; 59(1): p. 82-85. Disponible en:<https://analesdepediatria.org/es-ventilacion-mecanica-controlada-asistida-controlada-articulo-S1695403303781545>
51. Cediél Ximena. Fisiología Cardiopulmonar. En Ximena Cediél. Enfoque Del Paciente Crítico y Ventilación Mecánica Para No Expertos. Colombia: Búhos Editores Ltda.Tunja; 2020. p. 35.
52. Muñoz FG. Ventilación Mecánica. Acta Médica Peruana. 2011; 28(2). Disponible en:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006
53. Aguirre Bermeo H. Ventilación con presión de soporte y ventilación proporcional asistida durante la retirada de la ventilación mecánica. Medicina

- Intensiva. 2014; 38(6): p. 363-370. Disponible en:<https://medintensiva.org/es-ventilacion-con-presion-soporte-ventilacion-articulo-S0210569113001848>
54. Valerón Lemaur. Ventilación mandatoria intermitente/Intermittent mandatory ventilation. Anales de Pediatría. 2003; 59(1): p. 86-92. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1695403303781557>
55. Dailya Josiah C. Ventilación con presión positiva no invasiva. Elsevier. 2011; 4(4): p. 260-266. Disponible en:<https://www.elsevier.es/es-revista-prehospital-emergency-care-edicion-espanola--44-articulo-ventilacion-con-presion-positiva-no-X1888402411894416>
56. SATI LdCdNCdl. Modos Ventilatorios. En SATI LdCdNCdl. Ventilacion mecanica. Argentina: Editorial Medica Panamericana S.A.C.F.; 2018. p. 119.
57. Montero Quesada Néstor. Ventilación con liberación de presión en la vía aérea. Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias. 2018; 17(3). Disponible en:https://revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/291/html_168
58. Pérez JM. Monitorización de la mecánica ventilatoria. Medicina Intensiva. 2006; 30(9). Disponible en:https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912006000900004
59. Arellano. D. Análisis gráfico de la ventilación mecánica. Sociedad Chilena de Medicina Intensiva. 2007; 26(2): p. 3-4. Disponible en:<https://enfermeria.medicina-intensiva.cl/docs/7.pdf>
60. Ramírez. JB. Monitorización de la función respiratoria: curvas de presión, volumen y flujo. Asociación Española de Pediatría. 2003; 59(3): p. 264-277. Disponible en:<https://analesdepediatria.org/es-monitorizacion-funcion-respiratoria-curvas-presion-articulo-S1695403303781776>
61. N. P. Interacción cardiopulmonar en el neumotórax. Revista chilena de medicina intensiva. 2021; 36(1).

62. Rodríguez-Buenahora Rubén D. Decúbito prono en el Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda, de la fisiología a la práctica clínica. Revista de los estudiantes de medicina de la universidad industrial de santander. 2016; 29(2): p. 6. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/muis/v29n2/v29n2a09.pdf>
63. Cediél Ximena. Insuficiencia Respiratoria Aguda. En Ximena Cediél DRYCYM. Enfoque Del Paciente Crítico y Ventilación Mecánica Para No Expertos. Colombia: Búhos Editores Ltda.Tunja.; 2020. p. 239.
64. Formación D. DAE Formacion. [Online]; 2021. Acceso 25 de agosto de 2024. Disponible en: <https://daeformacion.com/uci-pacientes-problemas-respiratorios-ventilacion-mecanica/>.
65. Picazoa L. La humidificación activa en ventilación mecánica no se asocia con un aumento de complicaciones infecciosas respiratorias en un estudio cuasi-experimental pre-postintervención. Medicina Intensiva. 2021; 45(6): p. 354-361. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-la-humidificacion-activa-ventilacion-mecanica-articulo-S0210569119302761>
66. Dávila D. Volumen Control vs. Presión Control: Repercusión Hemodinámica. Revista Cubana de Medicina. 1999; 38(4). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-75231999000400005&script=sci_abstract
67. Correger E. Interpretación de las curvas del respirador en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda. Medicina Intensiva. 2012; 36(4). Disponible en: <https://medintensiva.org/en-interpretacion-las-curvas-del-respirador-articulo-S2173572712000732>
68. Elsio S. Turchetto. Clínica UNR. [Online]; 2011. Acceso 4 de Octubre de 2024. Disponible en: https://www.clinica-unr.com.ar/2015-web/Especiales/52/Especiales_52_Pag_1.htm.
69. Juliani PP. Impacto de la Maniobra de Reclutamiento Alveolar en el Postoperatorio de Cirugía Bariátrica Videolaparoscópica. Revista Brasileira

- de Anestesiología. 2011; 2(61). Disponible en:<https://www.scielo.br/j/rba/a/hDx7Q9mPVbBsSwrfMkMKKTs/?format=pdf&lang=es>
70. Sipmann FS. Scielo. [Online].; 2009. Acceso 18 de Agosto de 2024. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/medinte/v33n3/debate1.pdf>.
71. Algaba Á. Medicina Intensiva. [Online]; 2013. Acceso 18 de Agosto de 2024. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-maniobras-reclutamiento-alveolar-el-sindrome-articulo-S0210569113000168>.
72. C Raúl, Esper V. Reclutamiento alveolar y decúbito prono para el manejo del síndrome de insuficiencia respiratoria. Medicina Interna de México. 2005; 1(21).
73. Wilches-Luna E. Análisis de las maniobras de reclutamiento alveolar aplicadas en siete unidades de cuidado intensivo. Re. Cienc. Salud. 2010; 3(8): p. 49-59. Disponible en:<http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v8n3/v8n3a3.pdf>
74. Rama-Maceiras P. Atelectasias perioperatorias y maniobras de reclutamiento alveolar. Archivos de Bronconeumología. 2010; 6(46). Disponible en:<https://www.archbronconeumol.org/en-atelectasias-perioperatorias-maniobras-reclutamiento-alveolar-articulo-S0300289609004281>
75. G. C. Caracterización de la función pulmonar en pacientes adultos despiertos en ventilación mecánica invasiva con diagnóstico de atelectasia, antes y después de ser reclutados con maniobra de insuflación sostenida. Ciancia & Salud. 2014; 3(9). Disponible en:<http://5.161.118.10:8080/bitstream/20.500.12421/853/1/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20la%20funci%C3%B3n%20pulmonar%20en%20pacientes%20adultos%20despiertos%20en%20ventilaci%C3%B3n%20mec%C3%A1nica%20invasiva.pdf>
76. Crisanchio William. RESEARCHGATE. [Online]; 2020. Acceso 10 de agosto de 2024. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/348728088> MANIOBRAS DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR.

77. Hartland Benjamín L. PubMed. [Online]; 2014. Acceso 10 de agosto de 2024. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25167611/>.
78. Alzugaray D.P. Actualización en el Paciente Crítico. [Online].; 2016. Acceso 5 de Octubre de 2024. Disponible en: <https://redemc.net/campus/wp-content/uploads/2016/09/PCR-Alzugaray-CAPITULO-RECLUTAMIENTO-y-PEEP-REV.pdf>.
79. Lomeli Manuel. Reclutamiento alveolar agresivo en el SDRA: más sombras que luces. Medicina Intensiva. 2021; 45(7): p. 431-436. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-reclutamiento-alveolar-agresivo-el-sdra-articulo-S0210569120300978>
80. Cristancho. W. Manual Moderno de Colombia. [Online]; 2020. Acceso 6 de Octubre de 2024. Disponible en: <https://colombia.manualmoderno.com/blog/post/maniobras-de-reclutamiento-alveolar>.
81. Contreras C.D. Ventilación mecánica de protección pulmonar y diafragmática en terapia intensiva. Scielo. 2023; 37(2). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-89092023000200122&lng=es&nrm=iso
82. Torregrosa Salvador. Oxigenación de membrana extracorpórea para soporte cardíaco o respiratorio en adultos. Elsevier. 2009; 16(2): p. 163-177. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-cardiovascular-358-articulo-oxigenacion-membrana-extracorporea-soporte-cardiaco-S1134009609701627>
83. Rae. J. World Federation of societies of anaesthesiologists. [Online]; 2019. Acceso 6 de Octubre de 2024. Disponible en: <https://resources.wfsahq.org/atotw/sindrome-de-dificultad-respiratoria-aguda-sdra/>.

84. JE. San Román. Efectos fisiológicos de una maniobra de reclutamiento alveolar escalonada en pacientes con SDRA en etapa precoz. Medicina Intensiva. 2003; 27(10): p. 662-668. Disponible en:<https://medintensiva.org/es-efectos-fisiologicos-una-maniobra-reclutamiento-articulo-13055980>
85. Medina Villanueva Alberto. Sociedad y Fundación Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. [Online].; 2013. Acceso 6 de Octubre. de 2024. Disponible en:<https://www.enfermeriaaps.com/portal/download/CUIDADOS%20INTENSIVOS%20PEDIATRICOS/Protocolo%20Maniobras%20de%20Reclutamiento%20Alveolar%202013.pdf>.
86. Wilches-Luna Esther Cecilia. Análisis de las maniobras de reclutamiento alveolar aplicadas en siete Unidades de Cuidado Intensivo. Revistas Ciencias de la Salud. 2010; 8(3). Disponible en:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732010000300003
87. Del Villar Guerra Pablo. Maniobras de reclutamiento. Asociacion española de pediatria. 2021; 1.
88. Delgado Martín M. Estrategias frente a la hipoxemia refractaria en el síndrome de dificultad respiratoria del adulto. Medicina Intensiva. 2013; 6(37).
89. Villagra OV. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. Respir. Crit. Care Med. 2002; 1(10): p. 70-165.
90. Bein T. Acute effects of continuous rotational therapy on ventilation, perfusion inequality in lung injury.. Intensive Care Med. 1998; 1 (24). Disponible en:<https://www.medintensiva.org/es-estrategias-frente-hipoxemia-refractaria-el-articulo-S0210569112003786>
91. Borges J.B. Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute pneumothorax. Am J Respir Crit Care Med. 2006; 2(78).

92. Guirola J. Maniobra de reclutamiento alveolar en la injuria pulmonar aguda debido a un neumotórax. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*. 2008; 4(7): p. 1-12.
93. Lorentz M. Anestesia para obesidade morbidita. *Revista Brasileira de Anestesiología*. 2007; 1(57): p. 199-213.
94. Paisani D.M. Volumenes, capacidades pulmonares e força muscular respiratória no pós-operatório de gastroplastia. *Journal Brasil Pneumología*. 2005; 1(31): p. 125-132.
95. Cediél Ximena. Síndrome De Distres Respiratorio Agudo. En Ximena Cediél. *Enfoque Del Paciente Crítico y Ventilación Mecánica Para No Expertos*. Colombia: Búhos Editores Ltda.Tunja; 2020. p. 277.
96. Quevedo Mónica Lorena. Beneficios vs. riesgos del reclutamiento alveolar. *Aire Libre*. 2013; 3(1).