



Universidad
Inca Garcilaso de la Vega
Nuevos Tiempos. Nuevas Ideas

FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

Importancia de la fisioterapia respiratoria en la titulación y monitoreo de
PEEP en insuficiencia respiratoria aguda

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Licenciado en Tecnología Médica en la Carrera
Profesional de Terapia Física y Rehabilitación

AUTOR

Astudillo Castro, Jennifer Caroline

ASESOR

Lic. Farje Napa, Cesar Augusto

|Jesús María, Julio - 2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios y a mis padres por todo el esfuerzo que hicieron durante esta gran etapa de mi vida, por darme su apoyo y brindarme la fuerza para continuar durante este proceso para lograr mis metas.

Principalmente a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he podido llegar hasta aquí y convertirme en lo que ahora soy. Es un orgullo y un privilegio ser su hija y tenerlos a ustedes como mis padres.

A mis hermanos por darme el ejemplo de que siempre debemos perseguir nuestras metas, por acompañarme en cada uno de mis logros y por el apoyo incondicional que siempre me brindaron a lo largo de mi vida y a mi enamorado por su apoyo y ayuda incondicional durante estos 5 años. Por último, a todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo sea realizado con éxito, en especial a todos aquellos que me brindaron su tiempo y conocimientos para que esto sea posible.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres por todo el apoyo que me brindaron durante esta etapa para ser una gran profesional y a todas las personas que hicieron posible este proyecto de investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles; al Licenciado Cesar Farje Napa por su apoyo incondicional y comprensión a través de todos estos años de formación académica y como asesor en este trabajo de investigación.

A todas las autoridades de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, no tengo palabras para agradecerles las veces que me brindaron su apoyo a lo largo de estos 5 años de universidad.

Gracias infinitamente por este gran logro y por su apoyo.



RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Resumen: La PEEP es una maniobra que evita la caída a cero de la presión de la vía aérea al final de la fase espiratoria, que puede combinarse con cualquier modalidad ventilatoria, ya sea de sustitución total o parcial. La función principal de la PEEP es mantener el reclutamiento de las unidades alveolares colapsadas o llenas de fluido, produciendo un aumento de la capacidad residual funcional. La presión del sistema respiratorio al final de la espiración con la vía aérea ocluida se cuantifica ocluyendo en forma manual la válvula espiratoria o programando una pausa espiratoria inmediatamente antes de que ocurra la inspiración. En los pacientes con Síndrome de distrés respiratorio agudo, el monitoreo ventilatorio se orienta a comprobar el carácter protector o lesivo de la ventilación mecánica. Se describirán las herramientas de monitoreo que permitan cuantificar de forma independiente la correcta selección del volumen corriente, PEEP y también el error en la interpretación al que podría llevar la influencia de la caja torácica. El manejo fisioterapéutico de la PEEP en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda, tienen como objetivo principal reducir el volumen pulmonar no ventilado, su utilización ocasiona un aumento del volumen pulmonar espiratorio final lo que implica la apertura de las unidades pulmonares colapsadas y la estabilización de las inestables, así también como el incremento de la inflación de las unidades que ya están abiertas, dando lugar a elevación de la PO₂ arterial, disminución de la derivación y del riesgo de lesión pulmonar inducida por la ventilación.

Palabras Claves: Presión positiva al final de la espiración, titulación de la presión positiva al final de la espiración, monitorización de la presión positiva al final de la espiración, presión positiva al final de la espiración en insuficiencia respiratoria aguda.

Importance of respiratory physiotherapy in the titration and monitoring of peep in acute respiratory failure

ABSTRACT AND KEYWORDS

Summary: The PEEP is a maneuver that avoids the fall to zero of the airway pressure at the end of the expiratory phase, which can be combined with any ventilatory modality, either total or partial replacement. The main function of the PEEP is to maintain the recruitment of alveolar units collapsed or filled with fluid, producing an increase in functional residual capacity. The pressure of the respiratory system at the end of expiration with the occluded airway is quantified by manually occluding the expiratory valve or by programming an expiratory pause immediately before inspiration occurs. In patients with Acute Respiratory Distress Syndrome, ventilatory monitoring is aimed at checking the protective or harmful character of mechanical ventilation. The monitoring tools will be described that allow to quantify independently the correct selection of the tidal volume, PEEP and also the error in the interpretation to which the influence of the thoracic cage could lead. The physiotherapeutic management of PEEP in patients with acute hypoxemic respiratory insufficiency, whose main objective is to reduce the non-ventilated pulmonary volume, its use causes an increase in the VPEF, which implies the opening of the collapsed pulmonary units and the stabilization of the unstable ones, as well also as the increase in inflation of the units that are already open, leading to elevation of the arterial PO₂, decrease in the derivation and risk of lung injury induced by ventilation.

Keywords: Positive pressure at the end of expiration, titration of positive pressure at the end of expiration, monitoring of positive pressure at the end of expiration, positive pressure at the end of expiration in acute respiratory failure.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: MARCO TEORICO	11
1.1. MONITORIZACIÓN DE LAS MECÁNICAS TORÁCICA Y PULMONAR... 11	
1.2. PRESIÓN AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN O PRESIÓN DE BASE..... 11	
1.3. PRESIÓN PLEURAL	12
1.4. ANÁLISIS DE LA CURVA DE LA PRESIÓN EN LA VÍA AÉREA EN TIEMPO REAL..... 12	
1.5. AUTO-PEEP, MÉTODOS DE MEDICIÓN	13
1.5.1. MÉTODO ESTÁTICO (OCLUSIÓN A LA SALIDA DEL CIRCUITO ESPIRATORIO)..... 14	
1.5.2. MÉTODO DINÁMICO (O CONTRABALANCEO PROTOINSPIRATORIO)	14
1.5.3. DIFERENCIA EN EL VALOR DE LA P _{MESETA} DURANTE LA VCV 14	
1.5.4. SUSTITUCIÓN DEL AUTO-PEEP	15
1.5.5. INTENSIDAD DE LA HIPERINSUFLACIÓN PULMONAR	15
CAPÍTULO II: FISIOPATOLOGÍA.....	17
2.1. MEDICIÓN DURANTE LA VENTILACIÓN ASISTIDA O ESPONTANEA. 17	
2.2. FLUJO	17
2.3. CURVA FLUJO / TIEMPO DURANTE LA VENTILACIÓN CONTROLADA POR PRESIÓN..... 18	
2.4. IMPEDANCIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO..... 18	
2.5. MONITOREO VENTILATORIO EN SÍNDROME DE DISTRÉS RESPIRATORIO AGUDO, INFLUENCIA DE LA CAJA TORÁCICA..... 19	
2.6. PRESIÓN POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN	19
CAPÍTULO III: MANEJO FISIOTERAPEUTICO	22

3.1. CURVAS DE FLUJO-VOLUMEN	22
3.2. TRABAJO RESPIRATORIO (WOB)	23
3.3. MONITORIZACIÓN DE LA FUERZA Y LA RESERVA MUSCULAR (RESISTENCIA)	25
3.3.1. PRESIÓN INSPIRATORIA MÁXIMA	25
3.4. EFECTOS DE LA PRESIÓN POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN SOBRE LA MECÁNICA RESPIRATORIA.....	26
3.5. USO DE PRESIÓN POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN EN LESIÓN PULMONAR AGUDA O SÍNDROME DE INSUFICIENCIA RESPIRATORIA AGUDA	27
3.5.1.MEJOR PEEP CON BASE EN LA MEJORÍA DEL INTERCAMBIO GASEOSO	27
3.5.2.MEJOR PEEP CON BASE EN LA MECÁNICA RESPIRATORIA (CURVA DE P-V ESTÁTICA O CURVA DE P-TIEMPO)	28
3.5.3.MEJOR PEEP CON BASE EN LA EVALUACIÓN DE LA TC	29
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	36
ANEXO 1: Presión al final de la espiración o presión de base	36
ANEXO 2: Presión pleural.....	37
ANEXO 3: Análisis de la curva de la presión en la vía aérea en tiempo real.....	38
ANEXO 4: Método estático (oclusión a la salida del circuito espiratorio) y método dinámico (o contrabalanceo protoinspiratorio)	39
ANEXO 5: Diferencia en el valor de la p meseta durante la vcv	40
ANEXO 6: Intensidad de la hiperinsuflación pulmonar	41
ANEXO 7: Medición durante la ventilación asistida o espontánea	42
ANEXO 8: Flujos	43
ANEXO 9: Curva flujo / tiempo durante la ventilación controlada por presión.....	45

ANEXO 10: Presión positiva al final de la espiración	46
ANEXO 11: Curvas de flujo-Volumen.....	47
ANEXO 12: Curvas P-v	49
ANEXO 13: Formas de la curva de P-t.....	50



INTRODUCCIÓN

A consecuencia del trauma pulmonar producto de las guerras y las infecciones, como la tuberculosis, eran causas frecuentes de mortalidad. Probablemente, la necesidad por salir al paso del “ahogo y la asfixia” llevó a intentar el diseño y prueba de sistemas mecánicos que ayudaran a mantener la respiración en las personas afectadas. En el siglo XIX se desarrollaron los primeros equipos de ventilación mecánica por Dalziel, Leroy, Hauke, Woillez y Waldenburg. A principios del siglo XX (Draeger 1907) se avanzó en la aplicación de ventilación con presión negativa (1). Pero fue el Dr. Ibsen, el 26 de agosto de 1952, quien demostró los beneficios de la ventilación con presión positiva en el Hospital de Blegdam en Copenhague enfrentado a una de las pacientes de la epidemia de polio. Posteriormente, 1.400 estudiantes de medicina aplicaron ventilación con presión positiva, reduciendo la mortalidad de más del 80% a 23% menos de 100 días después de ese 26 de agosto. Así, dio inicio a la ventilación mecánica y al cuidado intensivo como los conocemos en la actualidad (2).

La ventilación mecánica es la sustitución total o parcial de la función ventilatoria, mientras se mantiene a niveles apropiados la presión de oxígeno y la presión de dióxido de carbono en sangre arterial y descansa la musculatura respiratoria (3). La presión positiva al final de la espiración es una maniobra que evita la caída a cero de la presión de la vía aérea al final de la fase espiratoria, que puede combinarse con cualquier modalidad ventilatoria, ya sea de sustitución total o parcial. La función principal de la presión positiva al final de la espiración es mantener el reclutamiento de las unidades alveolares colapsadas o llenas de fluido, produciendo un aumento de la capacidad residual funcional, también produce un adecuado equilibrio ventilación-perfusión, hay presencia de disminución del shunt intrapulmonar como una mejoría de la distensibilidad pulmonar y el resultado final es el incremento de la presión arterial de oxígeno y la saturación de oxígeno lo que permitirá reducir la fracción inspiratoria de oxígeno a valores no tóxicos (4).

Hubo un estudio en el 2017 en España que el efecto de programar la presión positiva al final de la espiración de manera individualizada, comparada con la programada según la fracción inspiratoria de oxígeno sobre la mortalidad a 28 y 90 días en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo ,determinaron que los pacientes con síndrome de distrés respiratorio grave, programar la presión positiva al final de la espiración según la mejor compliancia estática se asocia a una menor mortalidad a 90 días y a un aumento de los días libres de fracaso multiorgánico a 28 y 90 días (5).

1 CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO

1.1 MONITORIZACIÓN DE LAS MECÁNICAS TORÁCICA Y PULMONAR.

- a) Denominamos mecánica pulmonar al conjunto de propiedades físicas que determinan la expansión pulmonar y de la caja torácica. Los ventiladores permiten visualizar las mediciones de la presión desarrollada en la vía aérea, el volumen y el flujo, mediante la integración de estas mediciones se consigue valorar las propiedades del sistema respiratorio y la evolución clínica de las diferentes patologías que las alteran. Solo algunas de las propiedades del sistema respiratorio se pueden medir en condiciones de insuflación pasiva como la distensibilidad, otras requieren esfuerzo como la presión inspiratoria máxima, y el trabajo respiratorio se puede medir en ambas condiciones.
- b) Si disponemos de un catéter esofágico para determinar la presión pleural se podrán diferenciar las características de la caja torácica de los pulmones. Por último, debemos diferenciar los componentes dinámicos de los estáticos, la presión y las propiedades del sistema que deberán agregar una pausa al flujo aéreo. Durante la ventilación la magnitud de la gradiente de presión requerido para mover un gas hacia los alveolos y desde ellos hacia el exterior está determinada por la ecuación de movimiento del sistema respiratorio, la cual evidencia la influencia que cada una de las variables tiene sobre el comportamiento de la mecánica pulmonar, un ejemplo puede ser aquellas patologías que generan un aumento de la resistencia de la vía aérea (R_{aw}) y la caída de la distensibilidad que generan mayor presión en la vía aérea para un volumen, flujo y nivel de presión positiva al final de la espiración dados (9).

1.2 PRESIÓN AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN O PRESIÓN DE BASE (P BASE).

Es la presión del sistema respiratorio al final de la espiración con la vía aérea ocluida, se cuantifica ocluyendo en forma manual la válvula espiratoria o programando una pausa espiratoria inmediatamente antes de que ocurra la inspiración. (Anexo 1)

La pausa espiratoria pone en equilibrio las presiones intrapulmonares de las unidades alveolares no ocluidas con el sistema de medición del ventilador, expresan la suma de la presión ejercida al final de la espiración más la presión remanente en el sistema por atrapamiento aéreo (auto-PEEP). si las condiciones de la ventilación pasiva la presión base es mayor que la presión positiva al final de la espiración externa indica la presencia de auto-PEEP (10).

1.3 PRESIÓN PLEURAL.

La presión a nivel del espacio pleural permite diferenciar las propiedades mecánicas de los pulmones de la caja torácica, la presión para mantener distendida cualquier estructura elástica dependerá del valor de la presión dentro de la cavidad de la presión en el medio que la rodea. Para vencer las propiedades elásticas del sistema respiratorio y mantenerlo distendido es necesario la presión transtorácica, en cambio la presión para mantener distendidos los pulmones en forma aislada es la presión transpulmonar que se calcula con la gradiente de presión entre la presión de la vía aérea y la presión pleural. El valor de la presión pleural representa la presión de distensión de la caja torácica. (Anexo 2)

La presión pleural no se puede medir, pero se puede estimar con exactitud mediante la medición de la presión esofágica realizando una colocación de un fino catéter con balón en el tercio medio del esófago. La presión esofágica contribuye a la interpretación de las presiones de enclavamiento y de la arteria pulmonar en condiciones de hiperpnea vigorosa o presión alveolar elevada, es útil para determinar la magnitud del esfuerzo muscular y el valor del auto-PEEP durante la respiración activa (11).

1.4 ANÁLISIS DE LA CURVA DE LA PRESIÓN EN LA VÍA AÉREA EN TIEMPO REAL.

El trazo continuo de la curva presión de la vía aérea /tiempo da información útil de todos los modos ventilatorios, analizaremos en el modo de ventilación controlada a volumen (VCV) con flujo constante y sin pausa inspiratoria.

El trazado de la presión de la vía aérea muestra un ascenso rápido inicial que representa la presión necesaria para vencer la resistencia al flujo aéreo y la que provoca por cualquier nivel de auto-PEEP que pueda haber, la presión se aumenta en forma lineal hasta llegar al final de la inspiración que representa la presión generada por el ventilador para vencer la fuerza de retracción elástica del sistema toracopulmonar (12). (Anexo 3)

- La presión alveolar acompaña a la presión de la vía aérea, la forma y magnitud que adquiere depende de los diferentes fenómenos que la describen.
- Incremento de la magnitud del ascenso inicial indica un aumento de la resistencia al flujo en la vía aérea o del valor del auto-PEEP.

- Una concavidad inferior en la segunda porción de la curva indica la ganancia de volumen corriente debido a una mejoría de la distensibilidad y el beneficio potencial del agregado de presión positiva al final de la espiración.
- Por lo contrario, el contorno de una curva de concavidad superior en la segunda parte de la curva indica una sobredistención y riesgo de barotrauma. Cuando se utiliza patentes de flujo distintas del flujo constante, las cargas resistivas cambian durante toda la inspiración, la interpretación del trazado es más difícil, una concavidad hacia arriba cuando está presente tiene el mismo significado.
- En la ventilación asistida un marcado festoneado en el primer tramo de la curva indica un excesivo esfuerzo del paciente, cuando esto sucede se presenta en la segunda porción que puede indicar un volumen corriente insuficiente. Estas condiciones pueden corregirse mediante la selección de un flujo inspiratorio o un volumen corriente más elevado. (Anexo 3).

1.5 AUTO-PEEP, MÉTODOS DE MEDICIÓN.

Es la presión que se mantiene a nivel alveolar después de finalizar la espiración corriente, que es muy diferente de la presión positiva al final de la espiración externa programada por el ventilador. La presión que se mide con una pausa al final de la espiración equivale a la presión alveolar promedio y se denomina presión positiva al final de la espiración total. El auto-PEEP es la diferencia entre la presión positiva al final de la espiración total y la presión positiva al final de la espiración aplicada.

Durante la ventilación mecánica la auto-PEEP provocada por el colapso de la vía aérea con limitación del flujo aéreo ocurre cuando el tiempo espiratorio es insuficiente para que el sistema llegue a su posición de equilibrio entre ambos ciclos sucesivos. La hiperinsuflación dinámica puede ser provocada por la ausencia de colapso dinámico de la vía aérea en pacientes con altos requerimientos de volumen minuto, tiempos espiratorios insuficientes para permitir que la presión alveolar y la presión de la vía aérea se igualen al final de espiración.

Puede existir un auto-PEEP en ausencia de hiperinsuflación dinámica como consecuencia de una espiración forzada durante la ventilación espontánea, el valor del auto-PEEP no se relaciona de forma lineal con el grado de atrapamiento aéreo o de hiperinsuflación pulmonar debido a que este último depende del producto de la auto-PEEP por la distensibilidad del sistema respiratorio. Debemos indicar que el valor de la auto-PEEP varía de un sitio a otro

dentro del pulmón, debemos sospechar que hay un flujo detectable hasta el último momento de la espiración durante la ventilación mecánica según el equipo y las condiciones del paciente (13).

1.5.1 MÉTODO ESTÁTICO (OCLUSIÓN A LA SALIDA DEL CIRCUITO ESPIRATORIO)

La salida espiratoria se ocluye de forma manual antes que venga la siguiente inspiración o se programe una pausa al final de la espiración, este método provoca que la presión alveolar se equilibre con rapidez con la presión de la vía aérea dando como consecuencia que pueda ser leída directamente del manómetro del ventilador o a través de un registro de presión con 1,5 a 2 segundos de pausa alcanza para cuantificarla, no obstante el tiempo puede ser mayor según la intensidad de obstrucción de la vía aérea y la heterogeneidad de la distribución, en modo controlado y con una frecuencia respiratoria menor a 20 por minuto es más fácil de realizarlo. (Anexo 4)

Al final de la espiración debe realizarse la oclusión ya que si se efectúa antes de ser finalizada la auto-PEEP puede sobreestimarse; si el tiempo de oclusión es corto y la presión de la vía aérea no llega a equilibrarse con la presión arterial, la auto-PEEP será menor que la real. Los nuevos ventiladores microprocesados realizan la oclusión de forma automática y transitoria teniendo en cuenta lo descrito (14).

1.5.2 MÉTODO ESTÁTICO (OCLUSIÓN A LA SALIDA DEL CIRCUITO ESPIRATORIO)

Para que el gas ingrese hacia los alveolos durante la ventilación pasiva, la presión de la vía aérea debe ser mayor que la presión arterial de manera que cuando exista la auto-PEEP antes de que se inicie el flujo inspiratorio la presión de la vía aérea deberá de alcanzar los valores del auto-PEEP existente. Si se obtiene un registro de buena calidad y simultaneo a las curvas de flujo de presión/tiempo (P/T) y flujo/tiempo (F/T) se puede objetar que el valor de la presión de la vía aérea que se antepone al inicio del flujo inspiratorio es el que corresponde al auto-PEEP. No requiere la oclusión de la vía aérea. (Anexo 4)

1.5.3 DIFERENCIA EN EL VALOR DE LA PMESETA DURANTE LA VCV

Los determinantes de la presión meseta al final de la inspiración son la suma de la presión positiva al final de la espiración, auto-PEEP y el coeficiente volumen corriente /distensibilidad del sistema respiratorio. La presión real de detrás de las vías aéreas ocluidas

puede ser muy elevada aun con valores bajos de auto-PEEP. Por otro lado, cuando el volumen corriente y la presión positiva al final de la espiración permanecen constantes la presión meseta refleja el grado de hiperinsuflación dinámica de todas las unidades pulmonares de manera más fiel que la medición del auto-PEEP, que brinda un promedio de los valores del auto-PEEP de aquellas unidades que permanecieron en comunicación con la abertura de la vía aérea. Para cuantificar la auto-PEEP se mide la presión meseta antes de la pausa espiratoria prolongada y después de esta hasta que el flujo espiratorio finalicé, en caso de que la distensibilidad no varíe de una manera significativa al final de espiración independientemente del volumen atrapado la diferencia del valor de la presión meseta antes de la pausa, y después corresponde al nivel de auto-PEEP existente. Otro método es medir la presión meseta a la frecuencia utilizada después de disminuir la frecuencia respiratoria a menos de cinco respiraciones por minuto durante 15 segundos, la diferencia de los valores de la presión meseta estima el valor del auto-PEEP (15). (Anexo 5).

1.5.4 SUSTITUCIÓN DEL AUTO-PEEP

Cuando agregamos presión positiva al final de la espiración a pacientes con obstrucción al flujo aéreo la presión alveolar al final de la inspiración recién aumentará en forma significativa cuando el valor del auto-PEEP sobrepase el valor de la presión positiva al final de la espiración externa, quiere decir que mientras la presión positiva al final de la espiración no supere la auto-PEEP la distensibilidad no caerá. Con el paciente en ventilación controlada por volumen, la presión meseta aumentara de forma significativa secundaria al agregado de presión positiva al final de la espiración solo una vez superada la auto-PEEP.

Durante la ventilación controlada por presión, el volumen corriente puede aumentarse mientras que se agregue presión positiva al final de la espiración, puede llegar a un máximo en el que la presión positiva al final de la espiración iguala al auto-PEEP, esto es posible tanto en pacientes que respiren en forma pasiva como activa (16).

media.

1.5.5 EL INTENSIDAD DE LA HIPERINSUFLACIÓN PULMONAR

La ventilación mecánica puede cuantificarse midiendo el volumen espiratorio durante una apnea prolongada mediante la colocación de un espirómetro colocado en la salida espiratoria, debe disminuirse la frecuencia respiratoria al menor valor posible durante la ventilación

controlada por presión. El volumen espirado se mide en una apnea de 30 a 50 segundos de tiempo requerido para alcanzar el volumen del sistema respiratorio.

El volumen que se mide se denomina volumen al final de la inspiración y la diferencia de este y el volumen corriente es el denominado volumen atrapado. (17). (Anexo 6)



2. CAPÍTULO II: FISIOPATOLOGÍA

2.1 MEDICIÓN DURANTE LA VENTILACIÓN ASISTIDA O ESPONTANEA

Se requiere de las mediciones simultáneas de la presión esofágica /tiempo y flujo/tiempo. Si no hubiera actividad muscular espiratoria el cambio de la presión esofágica hasta que inicie el flujo inspiratorio, es igual a la presión necesaria para vencer el auto-PEEP existente. Si no hubiera auto-PEEP la variación inicial de la presión esofágica coincidiría con el inicio del flujo inspiratorio (18). (Anexo 7)

2.2 FLUJO

La valoración de la curva en función del tiempo es fundamental para una correcta monitorización de la mecánica respiratoria y la adaptación del paciente al ventilador. En un principio los pacientes ventilados, el flujo debe ser medido por un neumotacógrafo colocado de forma proximal a la vía aérea, sea colocado a nivel de la pieza ``y`` o en la rama del circuito espiratorio. La medición del flujo no se realiza de forma proximal a la vía aérea, se debe tomar en cuenta el volumen de gas compresible dentro del circuito ya que podría sobreestimarse el volumen corriente que se le administra al paciente. Los ventiladores modernos realizan el cálculo en forma automática y proveen el valor final adaptado, siempre y cuando se utilice las tubuladuras correspondientes para cada ventilador.

La forma de onda del flujo inspirado depende de la modalidad ventilatoria elegida, en la ventilación controlada por volumen se puede optar por una onda de flujo constante, en otras modalidades por presión el flujo inspiratorio es siempre desacelerado y su velocidad máxima dependerá de la gradiente de presión que exista entre la presión seleccionada en el ventilador y la presión alveolar al final de la espiración. Al inicio del flujo inspiratorio se utiliza para determinar la presencia del auto-PEEP en pacientes que respiran espontáneamente.

Los cambios de la valoración del flujo inspiratorio en respuesta a la tolerancia y a los cambios de presión seleccionados en el ventilador cuando la asincronía es consecuencia de un flujo inadecuado; en la espiración pasiva la morfología de la onda de flujo espiratorio dependerá de las características de la retracción elástica del sistema respiratorio y la resistencia espiratoria de la vía aérea. En condiciones normales la curva de flujo espiratorio es de tipo desacelerado exponencial y al nivel del flujo cero antes de la próxima inspiración.

En pacientes con obstrucción al flujo aéreo, la curva pierde la típica forma curvilínea para hacerse lineal y mucho más lenta. El tiempo requerido para que el flujo pueda alcanzar la

línea cero dependerá de la gravedad de la enfermedad y el ascenso a cero será más lento cuando más lenta sea la constante de tiempo promedio, además de la hiperinsuflación dinámica el esfuerzo muscular espiratorio puede causar persistencia del flujo al final de la inspiración (19). (Anexo 8)

2.3 CURVA FLUJO / TIEMPO DURANTE LA VENTILACIÓN CONTROLADA POR PRESIÓN

Durante la ventilación controlada por presión el flujo es de tipo desacelerado y el pico es dependiente de la presión límite programada por la impedancia del sistema. El flujo es muy alto para alcanzar la presión prefijada, desciende de forma exponencial para mantener la presión en el nivel constante elegido.

La fuerza que emite el flujo de gas desde la vía aérea proximal hasta los alveolos depende de la diferencia de las presiones entre ambos lugares, la presión programada que es igual a la presión de la vía aérea iguala a la presión alveolar y el flujo inspiratorio cesa. La pendiente de desaceleración depende de las características mecánicas del sistema, de forma que si disminuye la velocidad de desaceleración puede sospecharse de un posible incremento en la constante de tiempo inspiratorio. Se puede decir que, si estuviéramos frente a una extrema limitación del flujo, la onda de flujo inspiratorio puede aplanarse cuando la distensibilidad sea baja, la pendiente de desaceleración es muy empinada.

La presencia del flujo al final de la inspiración significa que el tiempo inspiratorio elegido fue insuficiente para que la presión programada pueda equilibrarse con la presión alveolar, esta elección de un tiempo inspiratorio prolongado con la misma frecuencia respiratoria podrá aumentar el volumen corriente y la ventilación minuta, siempre y cuando la reducción del tiempo espiratorio no provoque atrapamiento aéreo y auto-PEEP.

Para los valores de presión y frecuencia respiratoria determinados la ventilación minuta será máxima si los flujos inspiratorios y espiratorios alcanzan las magnitudes de cero al final de la base correspondiente (20). (Anexo 9)

2.4 IMPEDANCIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Es la suma de las fuerzas de oposición del sistema respiratorio que se generan al intentar mantener la posición de reposo incluyendo las fuerzas de oposición al flujo aéreo y las fuerzas de retracción elástica de los tejidos. Denominamos resistencia a la impedancia, no elástica, al flujo aéreo generado por la fricción de movimientos de la vía aérea, tejido pulmonar, y

caja torácica. Solo se tiene en cuenta la resistencia de la vía aérea que represente el 95% de la resistencia total.

Debemos determinar los puntos de flujo cero para separar las variables estáticas de las dinámicas dentro del ciclo respiratorio normal; al final de la inspiración para poder calcular la Pmeseta y al final de la espiración para medir el valor de la presión positiva al final de la espiración total (21).

2.5 MONITOREO VENTILATORIO EN SÍNDROME DE DISTRÉS RESPIRATORIO AGUDO, INFLUENCIA DE LA CAJA TORÁCICA

En los pacientes con Síndrome de distrés respiratorio agudo, el monitoreo ventilatorio se orienta a comprobar el carácter protector o lesivo de la ventilación mecánica (22).

La presión meseta en la vía aérea solo requiere de tecnología incluida en el ventilador para ser medida; sin embargo, la variable podría ser susceptible a la influencia de diferentes factores, como el método de insuflación, la respuesta pulmonar y la caja torácica. Se describirán las herramientas de monitoreo que permitan cuantificar de forma independiente la correcta selección del volumen corriente, presión positiva al final de la espiración y también el error en la interpretación al que podría llevar la influencia de la caja torácica (23).

2.6 PRESIÓN POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN

El monitoreo básico ofrece menos alternativas a la hora de calificar la adecuada selección de la presión positiva al final de la espiración. Su titulación persigue tres objetivos principales (24):

- Reestablecer el volumen pulmonar de fin de espiración (EELV), mediante reclutamiento de unidades colapsadas.
- Minimizar la apertura y colapso cíclico en unidades inestables.
- Evitar la sobredistensión alveolar.

En un estudio clásico de Suter reportan que la selección de presión positiva al final de la espiración mejora la oxigenación distal de ser la que se expone a las mejores condiciones mecánicas al sistema respiratorio, un hallazgo realizado por Rodríguez en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo secundario a neumonía. La titulación para mejorar la elasticidad del sistema respiratorio ha demostrado coincidir con el máximo transporte de

oxígeno, mejor elasticidad pulmonar y menor relación entre la ventilación de espacio muerto y volumen corriente.

Los pacientes que presentan una caída en el volumen pulmonar de fin de espiración con síndrome de distrés respiratorio agudo bajo ventilación mecánica pueden asociarse a comorbilidades como obesidad e hipertensión abdominal, excepto el incremento en la presión intraabdominal, ninguna condición altera la elasticidad de la caja torácica, por lo que la ESR podría reflejar adecuadamente los efectos de la presión positiva al final de la espiración sobre el parénquima pulmonar. Es probable que la influencia de la caja torácica sobre la selección de presión positiva al final de la espiración no se vincule con la afección de la ECT, sino con la reducción en el volumen pulmonar de fin de espiración, por lo cual el monitoreo básico no dispone de herramientas de utilidad (25).

Un estudio realizado con el objetivo de caracterizar el comportamiento mecánico de pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo pulmonar y extrapulmonar, hallaron que los pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo extrapulmonar presentaron niveles elevados de PIA, por lo que utilizaron para describir el efecto de la hipertensión abdominal en síndrome de distrés respiratorio agudo. La elevación del ESR observada responde al aumento en la ECT como así también de la EP, al incrementar el nivel de presión positiva al final de la espiración se observó mejoría significativa de la elasticidad de ambas estructuras, aun a niveles de presión positiva al final de la espiración que no alcanzan el valor de PIA. Para contrarrestar el aumento de la PIA la presión positiva al final de la espiración desarrolla una relación presión positiva al final de la espiración /PIA de 0,5 disminuye los efectos deletéreos sobre la oxigenación y mecánica respiratoria de la hipertensión abdominal y limita a la vez el deterioro del gasto cardíaco. La cuantificación de la PIA puede realizarse a través de la presión vesical, la que en sujetos bajo ventilación mecánica en posición semisentada podría sobrevalorar la presión impuesta por el abdomen a la cavidad torácica y orientar la selección de niveles excesivos de presión positiva al final de la espiración. Otra herramienta que podría permitir objetivar la sobrecarga impuesta por la hipertensión abdominal al pulmón es la presión esofágica. Yang en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo con hipertensión abdominal y sin ella, observaron que los pacientes con PIA mayor a 12mmHg presentaron mayor ESR, EP, ECT y menor volumen pulmonar de fin de espiración (26).

La titulación de presión positiva al final de la espiración guiado por manometría esofágica aumentó el volumen pulmonar de fin de espiración un 58,7% con respecto al basal, a diferencia de pacientes sin hipertensión abdominal el incremento fue de tan solo del 26,4%.

La mejor presión positiva al final de la espiración es aquella en la que predomina el reclutamiento alveolar. Evaluar el potencial de reclutamiento permite calificar la gravedad de los pacientes y guía terapéutica. El Gold standard para la evaluación del reclutamiento es la tomografía, se han propuesto diferentes herramientas basadas en el comportamiento mecánico del sistema respiratorio, los métodos basados en la mecánica han demostrado una buena correlación entre sí, sin embargo, no se relacionan con la estimación tomográfica, por lo cual es poco probable que valoren el mismo fenómeno.

El incremento en la presión positiva al final de la espiración por el aumento de volumen pulmonar de fin de espiración presenta dos fases distinguibles, la primera se establece durante el primer ciclo ventilatorio luego del escalón de presión positiva al final de la espiración, denominado cambio mínimo predicho, en el que se desplaza el diafragma y el contenido abdominal en sentido caudal incrementando la presión esofágica. Durante las siguientes ventilaciones la presión esofágica retorna gradualmente a su nivel basal, mientras que la presión en la vía aérea se mantiene constante y la presión transpulmonar se incrementa, determinando que la segunda fase de insuflación denominada volumen tiempo dependiente se relacione exclusivamente con las características del pulmón. Como consecuencia si el volumen /tiempo dependiente se ajusta a las características mecánicas del pulmón funcional es posible que sea el comportamiento de la caja torácica a la insuflación lenta modelo “viscoelástico” y no el reclutamiento alveolar en el que se explique los hallazgos observados. En conclusión, es probable que la influencia de la caja torácica haya sido sobredimensionada durante el monitoreo básico del paciente con síndrome de distrés respiratorio agudo. Su principal efecto en la mecánica del sistema respiratorio que reside en la caída del volumen pulmonar de fin de espiración en pacientes con hipertensión abdominal. En estos casos la selección de la presión positiva al final de la espiración debe perseguir el objetivo de reestablecer dicho volumen con el fin de disponer el monitoreo de la presión esofágica , una vez seleccionado el nivel apropiado de presión positiva al final de la espiración, la presión en la vía aérea aun con las limitaciones expuestas ha demostrado ser un aceptable sustituto del stress inspiratorio ; lo cual hace que el seguimiento longitudinal del paciente con síndrome de distrés respiratorio agudo la modificación en la presión en la vía aérea refleja con un grado aceptable de certeza y cambios en las características del pulmón. Si hubiera el caso de aproximarse a los límites de seguridad propuestos para la presión meseta, el monitoreo de la presión esofágica podría ser de utilidad (27). (Anexo 10)

3 CAPÍTULO III: MANEJO FISIOTERAPEUTICO

3.1 CURVAS DE FLUJO-VOLUMEN.

Factores que determinan el flujo espiratorio máximo:

- El esfuerzo voluntario del paciente
- La presión de retroceso elástico del sistema respiratorio
- La resistencia de las vías aéreas
- La distensibilidad de la vía aérea en el sitio de colapso puede ignorarse debido a que los trastornos de la distensibilidad de la gran vía aérea raramente ocurren en ausencia de una disminución del retroceso pulmonar.

Se puede examinar una maniobra de espiración forzada como volumen en función del tiempo o como el flujo espiratorio en función del volumen pulmonar (curva de F/V). Usualmente las curvas de F/V de espiración máxima se analizan en términos del flujo en relación con un volumen en particular como el 50 o el 25% de capacidad vital; el análisis confinado a los índices numéricos ignora la mayor parte de los datos que se encuentran en la curva. La simple inspección de una curva puede brindar información importante con rapidez, por ejemplo, se puede observar el festoneado característico de la limitación grave del flujo aéreo, los perfiles de las curvas F/V que pueden indicar una obstrucción de la vía aérea superior.

Las curvas de F/V pueden proporcionar información útil en pacientes con ventilación mecánica tanto como respiración espontánea o los ventilados en forma pasiva. En los pacientes relajados el retroceso elástico del sistema respiratorio es el responsable de la exhalación, y la única fuerza que se opone a ella es la resistencia al flujo.

En pacientes normales y con distensibilidad disminuida, el patrón de flujo espiratorio muestra una pendiente casi lineal y bien empinada; en cambio los pacientes con una limitación al flujo aéreo muestran un patrón curvilíneo convexo al eje del volumen. La gran mayoría de estos pacientes tienen un auto-PEEP en consecuencia, su volumen pulmonar al final de espiración es más alto que su volumen de relajación, como consecuencia la curva de flujo espiratorio se detiene de manera abrupta antes de la próxima inflación mecánica y produce una característica apariencia truncada.

Si la presión positiva al final de la espiración induce a las alteraciones en la curva de F/V es útil desde el punto de vista de diagnóstico, los pacientes con asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica usualmente desarrollan auto-PEEP como resultado del cierre crítico de la

vía aérea. Desde un punto de vista fisiológico se ha asemejado a una cascada de agua en la que la altura de la cascada refleja la altura de la presión de cierre crítico, en esta situación la presión de conducción para el flujo a lo largo de la espiración es el nivel de auto-PEEP menos la presión de cierre. La aplicación de presión positiva al final de la espiración externas similares a los niveles de auto-PEEP no provoca efectos en el flujo espiratorio, la presión alveolar, el volumen pulmonar al final de la espiración, ni la curva F/V.

En sujetos sin obstrucción al flujo la presión de conducción del flujo espiratorio es la diferencia de presión que existe entre los alveolos y el exterior; en pacientes relajados sin limitación al flujo de aire la presión de retroceso elástico menos la presión de la vía área proximal. La aplicación de presión positiva al final de la espiración disminuye la diferencia de presión que existe entre los alveolos al final de la inspiración y la exterior, para producir una disminución del flujo de aire espirado y un aumento en el valor absoluto del volumen pulmonar al final de la espiración.

La curva de F/V también se puede utilizar para determinar la eficacia del tratamiento con broncodilatadores en pacientes ventilados mecánicamente en forma pasiva. Un posible tratamiento efectivo debe mostrar un aumento en el flujo espiratorio con volúmenes pulmonares similares y una disminución del volumen pulmonar al final de la espiración en las curvas pretratamiento y postratamiento, también puede ser de suma utilidad al iniciar la necesidad de aspiración de secreciones endotraqueales (28). (Anexo 11)

Antes de iniciar el detallado examen de la muñeca y la mano, el examinador deberá observar el conjunto de la extremidad superior, incluyendo el hombro, el codo y el antebrazo, y valorar si alguna alteración de estas articulaciones limita o modifica la funcionalidad de la mano. Como se irá viendo en el examen de la muñeca y de la mano, va a ser muy importante valorar la piel, los músculos y los tendones, pero también su morfología y sus deformidades, su vascularización y su inervación, tanto motora como sensitiva.

3.2 TRABAJO RESPIRATORIO (WOB).

El trabajo (W) significa ejercer una fuerza (F) sobre una carga y desplazarlo una distancia determinada. Se expresa matemáticamente de esta forma: $W = F \times \text{distancia}$

En el caso del sistema respiratorio podemos inferir que presión es igual a fuerza sobre superficie. Por lo tanto: $F = P \times \text{superficie}$

Si volumen (V) es = superficie X distancia o longitud, entonces, distancia es $V/\text{superficie}$.

Al reemplazar fuerza y distancia, el trabajo respiratorio es igual a: $W = P \times V$

Si VCV con flujo constante a través de una curva de P/V podremos inferir el trabajo respiratorio, según la ecuación de movimiento se puede inferir que el trabajo se halla claramente relacionado con la distensibilidad y resistencia del sistema, ya que presión y volumen varían en relación con las primeras.

El trabajo respiratorio promedio para la ventilación corriente es similar a la presión promedio desarrollada presión de la vía aérea, y es numéricamente equivalente al trabajo por litro de ventilación. Si relacionamos el volumen corriente y la presión de la vía aérea en ciclos mecánicos, estableceremos el trabajo que ejerce el ventilador sobre la totalidad del sistema respiratorio. Si conocemos los valores del paciente que respira espontáneamente, el trabajo respiratorio se calcula mediante la ecuación anterior y su conocimiento puede ser de utilidad para estimar el valor de la ventilación con presión de soporte necesario para satisfacer la mayor parte de las necesidades ventilatorias del paciente. Los ciclos asistidos podemos relacionar el volumen corriente con la presión esofágica y con la presión de la vía aérea, así podremos concluir el trabajo de ambos, ventilador y paciente, también es podemos concluir que W a través de una curva de presión esofágica /tiempo.

Se denomina producto tensión-tiempo, y cuanto mayor sea la presión que se produzca, mayor trabajo se genera, en relación con el tiempo que se mantenga la presión. Si igual de considerar la presión esofágica se considera la P_{aw} se puede concluir el trabajo del ventilador.

Bellemare y Grassino demostraron que se relaciona presión transdiafragmática para movilizar un VT con presión transdiafragmática máxima voluntaria. El valor normal de la relación no debe superar el 40% con la relación entre el TT y el TTOT del ciclo espiratorio con relación de 20-30%. Se puede predecir el tiempo en que sucederá una fatiga diafragmática cuanto mayor sea la relación entre presión transdiafragmática/presión transdiafragmática máxima voluntaria o entre TT/TTOT, más rápido se desarrollará la fatiga. Se denominó que la relación su valor normal es inferior a 0,15. Se estima entre 3 y 6 julios/min el trabajo respiratorio normal y si la musculatura es normal no suele aparecer cansancio antes de los 20 a 25 julios/min. Si el trabajo se expresara en kilográmetros se debe recordar que 1 kilográmetro es igual a 10 julios. Otra manera de expresar el trabajo es julios/L de ventilación minuto y su valor normal es de 0,5 julios/L, si la ventilación minuto normal es de 6 L/min (=3 julios/min). Se tiene en cuenta la fórmula de trabajo expresada antes, el

trabajo será determinado en cm de agua/L, en estos casos se debe recordar que 1 julio es igual a 10 cm de agua.

Si el trabajo es expresado a través de la fórmula es de 40 cm de agua/L, será de 4 julios/L, se puede concluir que el trabajo respiratorio en relación con el costo en términos del consumo del volumen de oxígeno que ese trabajo requiere. La eficiencia de un sistema se evalúa a través de la relación trabajo/energía requerida. De esta manera, la mayor eficacia la tendrá el sistema que logre un determinado trabajo al menor precio en términos de costo energético. El trabajo para respirar se incrementa para el volumen de oxígeno requerido aumenta de manera exponencial en términos relativos, la eficiencia cae y el sistema tiende a la fatiga. La eficacia de los músculos respiratorios se relaciona con la contracción coordinada y el patrón respiratorio. La energía requerida se ha empleado para estimar de manera indicada el trabajo respiratorio. Se establece el volumen de oxígeno total en condiciones basales o de ventilación controlada y luego el volumen de oxígeno en las condiciones ventilatorias especiales, la diferencia entre ambos nos permitirá definir el consumo de volumen de oxígeno utilizado para respirar (29).

3.3 MONITORIZACIÓN DE LA FUERZA Y LA RESERVA MUSCULAR (RESISTENCIA)

Cuando se ha controlado la fase crítica de la enfermedad y el médico considera que se puede iniciar la desconexión de la ventilación se deberá realizar una valoración de la fuerza de los músculos respiratorios y la capacidad de mantener dicho esfuerzo.

Para valorar la fuerza muscular mediante la medición de la presión inspiratoria máxima y de la capacidad vital ambas requerirán de la cooperación del paciente para realizar un esfuerzo voluntario (30).

3.3.1 PRESIÓN INSPIRATORIA MÁXIMA

La presión inspiratoria máxima valora el esfuerzo voluntario de los pacientes que pueden o no colaborar, la presión inspiratoria máxima no solo dependerá del esfuerzo muscular sino del impulso ventilatorio. Para que las condiciones de medición representen una forma específica el esfuerzo muscular debe ser realizado en condiciones isométricas, la mejor posición mecánica de los músculos inspiratorios y durante al menos 1 segundo.

La presión inspiratoria máxima se debe medir con la vía aérea totalmente ocluida después de 20 segundos o de 10 respiraciones a través de una válvula unidireccional espiratoria, con el menor volumen pulmonar donde sea más favorable la mecánica inspiratoria. Si el paciente

no lograra mantener el esfuerzo máximo durante 1 segundo resultaría no confiable. El valor normal es mayor de 75 a 100 cm H₂O con un valor negativo, se considera como un valor mínimo aceptable para el destete un valor negativo mayor a 30 cm de H₂O (31).

3.4 EFECTOS DE LA PRESIÓN POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN SOBRE LA MECÁNICA RESPIRATORIA

En el periodo transoperatorio los pacientes con pulmones sanos, se afectan las características mecánicas del aparato respiratorio a causa de la anestesia y la parálisis. Esto se debe a la posición supina y a los bajos volúmenes de ventilación pulmonar relacionados con la reducción de las propiedades elásticas de la pared torácica y a la disminución de la capacidad residual funcional. La aplicación de la presión positiva al final de la espiración en este tipo de pacientes puede aumentar el volumen pulmonar espiratorio final, también la falta de consistencia en los resultados de numerosos estudios sobre el uso de la presión positiva al final de la espiración en el transoperatorio se puede deber al hecho de que este tipo de pacientes suelen tener pulmones sanos y a que son demasiadas las variables que influyen en la distensibilidad pulmonar con el uso de presión positiva al final de la espiración. Los efectos de la presión positiva al final de la espiración sobre las propiedades del aparato respiratorio dependen de la cantidad de presión positiva al final de la espiración que se aplique, del tipo de cirugía (abdominal abierta, abdominal laparoscópica, torácica, etc.) y de las características del paciente sometido a la cirugía, por ejemplo, el índice de masa corporal.

La aplicación de presión positiva al final de la espiración moderada de unos 10 cmH₂O o menos puede mejorar el aparato respiratorio, la distensibilidad pulmonar estática y evitar los riesgos de la sobredistención pulmonar, siendo útil en la cirugía torácica cerrada mas no en la abierta. Así, también mejorar la distensibilidad pulmonar de la pared torácica en pacientes con obesidad mórbida sometidos a cirugía abdominal, mas no brinda beneficios en los pacientes con índice de masa corporal normal.

Los pacientes con lesión pulmonar aguda o síndrome de insuficiencia respiratoria aguda tienen reducción del pulmón ventilado, alteraciones mecánicas del aparato respiratorio por edema masivo, atelectasias y consolidación tisular, por lo cual el incremento del volumen de la presión espiratoria final mediante la aplicación de presión positiva al final de la espiración puede ser útil al aumentar el volumen pulmonar total ventilado. Es posible que pueda ser resultado del reclutamiento de unidades pulmonares terminales o de distensión de unidades pulmonares ya abiertas. Estos fenómenos ocurren de manera simultánea en diferentes zonas del pulmón ventilado con la aplicación de presión positiva al final de la espiración, el

equilibrio del reclutamiento y si la sobredistención es fundamental dependerá de varios factores, entre los cuales se incluyen los más importantes: etiología del síndrome de insuficiencia respiratoria aguda, mecánica pulmonar de la pared torácica, etapa de la enfermedad, morfología de los pulmones y cantidad de presión positiva al final de la espiración aplicada.

Se podrá predecir los efectos de la presión positiva al final de la espiración sobre el reclutamiento y la sobredistención mediante la forma de la curva de P-V. En la insuficiencia respiratoria aguda se diferencian tipos de curvas de P-V que indican la cantidad de unidades pulmonares no ventiladas, pero que mantienen una buena distensibilidad y unidades pulmonares consolidadas, sin posibilidades de ser abiertas con presión positiva al final de la espiración que origina una distensibilidad muy baja.

Por otro lado, la tomografía computarizada (TC) permite valorar la cantidad de unidades pulmonares más insufladas, normalmente ventiladas, mal ventiladas o no ventiladas.

Al analizar las diferentes imágenes de TC con distintos niveles de presión positiva al final de la espiración es posible calcular el reclutamiento o la sobredistención causada por la aplicación de esta presión, estas técnicas pueden ser muy útiles para determinar “la mejor PEEP”, la óptima entre los efectos positivos y negativos de la presión positiva al final de la espiración (32).

3.5 USO DE PRESIÓN POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN EN LESIÓN PULMONAR AGUDA O SÍNDROME DE INSUFICIENCIA RESPIRATORIA AGUDA

El uso de la presión positiva al final de la espiración en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda, como en la insuficiencia respiratoria aguda, tienen como objetivo principal reducir el volumen pulmonar no ventilado, su utilización ocasiona un aumento del volumen pulmonar espiratorio final, lo que implica la apertura de las unidades pulmonares colapsadas y la estabilización de las inestables, así también como el incremento de la inflación de las unidades que ya están abiertas, dando lugar a elevación de la presión de oxígeno arterial, disminución de la derivación y del riesgo de lesión pulmonar inducida por la ventilación.

Es de suma importancia identificar el valor de la presión positiva al final de la espiración óptima que se vaya a aplicar en cada uno de los pacientes, quiere decir, la presión positiva al final de la espiración que reclute la mayor cantidad posible de áreas pulmonares no

ventiladas, evitando la hiperinflación pulmonar, la inestabilidad hemodinámica y el aumento del riesgo de barotrauma.

Se han descrito varios métodos para identificar cual es la mejor manera para evidenciar la presión positiva al final de la espiración óptima en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda:

3.5.1 MEJOR PEEP CON BASE EN LA MEJORÍA DEL INTERCAMBIO GASEOSO

Es el método más sencillo y se basa en la aplicación empírica de aumentar los niveles de presión positiva al final de la espiración y evaluar la mejoría más importante en el recambio gaseoso.

3.5.2 MEJOR PEEP CON BASE EN LA MECÁNICA RESPIRATORIA (CURVA DE P-V ESTÁTICA O CURVA DE P-TIEMPO)

Se utiliza la curva presión-volumen pulmonar estática, que nos proporciona una descripción aceptable de la distensibilidad respiratoria del paciente, puede revelar a qué volumen y presión se presenta rigidez del pulmón y con cuales unidades colapsan los pulmones. En pacientes sanos la curva P-V tiene una forma sigmoidea del volumen residual a la capacidad pulmonar total y es lineal en la parte central, por arriba de la capacidad residual funcional, los dos puntos en los que la curva P-V pasa de una forma lineal a una sinusoidal se conocen como puntos de inflexión superior e inferior. (Anexo 12)

El punto de inflexión superior representa el valor de la presión después del cual se tienen efectos sobre el incremento del volumen pulmonar, que resultan en hiperinflación y sobredistención de las unidades pulmonares ya ventiladas, logrando como consecuencia el aumento del riesgo de producir barotrauma. El punto de inflexión inferior representa la presión después de la cual las unidades pulmonares colapsadas empiezan a abrirse.

El análisis de la curva P-Estática antes de aplicar la presión positiva al final de la espiración se puede usar para identificar un valor de la mejor presión positiva al final de la espiración, una de las formas más comunes de establecer la presión positiva al final de la espiración mediante el análisis de la curva P-V estática consiste en aplicar un valor de presión positiva al final de la espiración de 2 a 3 cmH₂O por arriba del punto de inflexión inferior. Este método puede ser útil para la ventilación de pulmones sanos, ya que impide la apertura y el cierre cíclicos de los alveolos atelectásicos y si mismo evita el riesgo de barotrauma. La respuesta puede ser muy variable en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, es posible observar un incremento en la distensibilidad pulmonar si la presión positiva al final de la

espiración induce y mantiene el reclutamiento; por otro lado, disminuye si aumenta la sobredistención.

En el primer caso, al analizar la curva P-V estática con diferentes niveles de presión positiva al final de la espiración, se puede observar un cambio de la curva P-V hacia el eje del volumen, lo que puede indicar que a un nivel dado de presión el volumen pulmonar con presión positiva al final de la espiración es mayor que sin ella. Una técnica desarrollada recientemente consiste en el análisis de la curva de presión y tiempo (curva de P-t) dinámica. El análisis de la curva de P-t se puede hacer en pacientes con ventilación mecánica, con control del volumen y flujo constante.

Hay tres formas de la curva de P-t: la primera curva tiene un lado cóncavo frente al eje del tiempo que indica la presencia de apertura y cierre de ciclos de los alveolos atelectásicos (reclutamiento activo), la segunda está en línea recta, indicando la presencia de buena ventilación pulmonar sin reclutamiento activo ni sobredistención, la tercera tiene un lado cóncavo frente al eje de la presión, que indica la presencia de sobredistención pulmonar. La curva de P-t permite realizar un monitoreo continuo y no invasivo de la distensibilidad pulmonar, del reclutamiento y de la sobredistención durante la ventilación mecánica, así como evidenciar de inmediato los efectos de utilizar diferentes niveles de presión positiva al final de la espiración. (Anexo 13)

La limitación de la curva P-t está influida por las características intrínsecas del paciente, como la rigidez de la caja torácica y los cambios en la resistencia pulmonar, haciendo que la curva sea menos específica y menos útil.

3.5.3 MEJOR PEEP CON BASE EN LA EVALUACIÓN DE LA TC

La tomografía computarizada desempeña un papel muy importante para guiar las estrategias de ventilación mecánica en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda a partir del análisis cuantitativo de la tomografía efectuada con niveles diferentes de presión positiva al final de la espiración al iniciar el tratamiento y después de una semana si no hay mejoría. La tomografía computarizada es fundamental para evaluar la morfología pulmonar y la capacidad de reclutamiento, ya que en las pruebas las diferencias de la distribución de la ventilación pulmonar pronostican la respuesta a la aplicación de niveles más altos de presión positiva al final de la espiración. La tomografía computarizada en diferentes niveles de presión positiva al final de la espiración ayuda a diferenciar las áreas de colapso alveolar y consolidación al proporcionar información útil sobre la capacidad de reclutamiento, con lo

cual se establecen estrategias para la ventilación mecánica. Una de las principales limitaciones de la tomografía computarizada es que no en todos los lugares es posible obtener las imágenes necesarias para evaluar los efectos de la ventilación mecánica y que no siempre será posible transportar a los pacientes a la sala de tomografía computarizada.

Se desarrollaron recientemente otras técnicas que pueden realizarse en la cama del paciente si necesidad de transportarlo a la sala tomografía computarizada, el ultrasonido pulmonar, tal vez extienda en un futuro cercano el análisis mediante imágenes del pulmón para guiar la ventilación mecánica protegida a una mayor escala. Han realizado varios estudios que demostraron de qué manera los volúmenes de recambio vistos con niveles altos de presión positiva al final de la espiración y una presión meseta < 30 cmH₂O mejoran la sobrevida y aumentan los días sin ventilador. No está claro aún si, es posible atribuir los efectos positivos observados en estos estudios al uso de la presión positiva al final de la espiración o al uso de volúmenes de recambio bajos (35).



CONCLUSIONES

1. La presión positiva al final de la espiración es una maniobra que evita la caída a cero de la presión de la vía aérea al final de la fase espiratoria, que puede combinarse con cualquier modalidad ventilatoria, ya sea de sustitución total o parcial, su función principal es de mantener el reclutamiento de las unidades alveolares colapsadas o llenas de fluido, produciendo un aumento de la capacidad residual funcional, también produce un adecuado equilibrio ventilación-perfusión.
2. El monitoreo de presión positiva al final de la espiración depende de reestablecer el volumen pulmonar de fin de espiración, mediante reclutamiento de unidades colapsadas, minimizar la apertura y colapso cíclico en unidades inestables y evitar la sobredistención alveolar, su influencia en el monitoreo ventilatorio y su rol en la selección de estrategias de la ventilación mecánica en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda sin esfuerzo ventilatorio concluyen que el monitoreo de la presión en la vía aérea es un pilar fundamental durante la ventilación mecánica por su importante valor pronóstico y su capacidad para reflejar el estrés al que es sometido el pulmón.
3. Los valores de la presión positiva al final de la espiración en insuficiencia respiratoria aguda son de 10-12 cmH₂O ajustada a la mecánica pulmonar y respuesta clínica medida como posibilidad de reclutamiento de las unidades alveolares colapsadas o llenas de fluido, produciendo un aumento de la capacidad residual funcional, también produce un adecuado equilibrio ventilación-perfusión.¹⁹⁶⁴
4. La presión positiva al final de la espiración ideal en un paciente para el destete es de 5 cmH₂O o menos. El efecto de la presión positiva al final de la espiración en la mecánica respiratoria puede mejorar el aparato respiratorio, la distensibilidad pulmonar estática, evitar los riesgos de la sobredistención pulmonar y el incremento del volumen de la presión espiratoria final (VPEF) mediante la aplicación de presión positiva al final de la espiración puede ser útil al aumentar el volumen pulmonar total ventilado.
5. La presión positiva al final de la espiración reduce el volumen pulmonar no ventilado, su utilización ocasiona un aumento del volumen pulmonar espiratorio final, lo que implica la apertura de las unidades pulmonares colapsadas y la estabilización de las inestables la PEEP que reclute la mayor cantidad posible de áreas pulmonares no ventiladas, evitando la hiperinflación pulmonar, la inestabilidad hemodinámica y el aumento del riesgo de barotrauma.

RECOMENDACIONES

1. El fisioterapeuta que trabaja en la unidad de cuidados intensivos debe conocer los valores de la presión positiva al final de la espiración para realizar un correcto manejo de los parámetros necesarios para el control del paciente con ventilación mecánica para evitar cualquier riesgo que pueda ocasionarse durante la estancia del paciente en la unidad de cuidados intensivos teniendo en cuenta las necesidades del mismo.
2. El fisioterapeuta que trabaja en la unidad de cuidados intensivos o la unidad de cuidados intermedios debe saber en qué momento titular la presión positiva al final de la espiración para que de esa forma determine los valores indicados que pueda necesitar el paciente con soporte ventilatorio para mantenerse en un estado hemodinámico estable evitando los riesgos de un daño secundario y disminuir el riesgo de sufrir un barotrauma.
3. El fisioterapeuta que trabaja en unidad de cuidados intensivos debe ser especialista en fisioterapia cardiorespiratoria debido a que es el único profesional capacitado para llevar el control ideal para cualquier paciente que se encuentre en la unidad de cuidados intensivos o cuidados intermedios, el fisioterapeuta cardiorespiratorio es un profesional capacitado en el monitoreo, control y en el manejo de diversas técnicas que favorecen a la recuperación del paciente.
4. El fisioterapeuta cardiorespiratorio debe poseer conocimientos avanzados de fisiología ventilatoria y mecánica torácica y técnicas de movilización de secreciones, vibraciones, percusiones manuales torácicas, movilizaciones generales del miembro superior e inferior, monitoreo y titulación de la presión positiva al final de la espiración del paciente con ventilación mecánica, movilización de caja torácica, columna y bases pulmonares, utilización del espirómetro son unas de las funciones del fisioterapeuta cardiorespiratorio.
5. El fisioterapeuta cardiorespiratorio debe estar relacionado con el equipo multidisciplinario para la supervisión del paciente con ventilación mecánica para llevar un buen manejo del paciente ventilado, deberá saber interpretar los análisis de gases arteriales para un adecuado monitoreo del ventilador mecánico, el fisioterapeuta cardiorespiratorio conoce los valores exactos de la presión positiva al final de la espiración ideal en pacientes para el destete.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

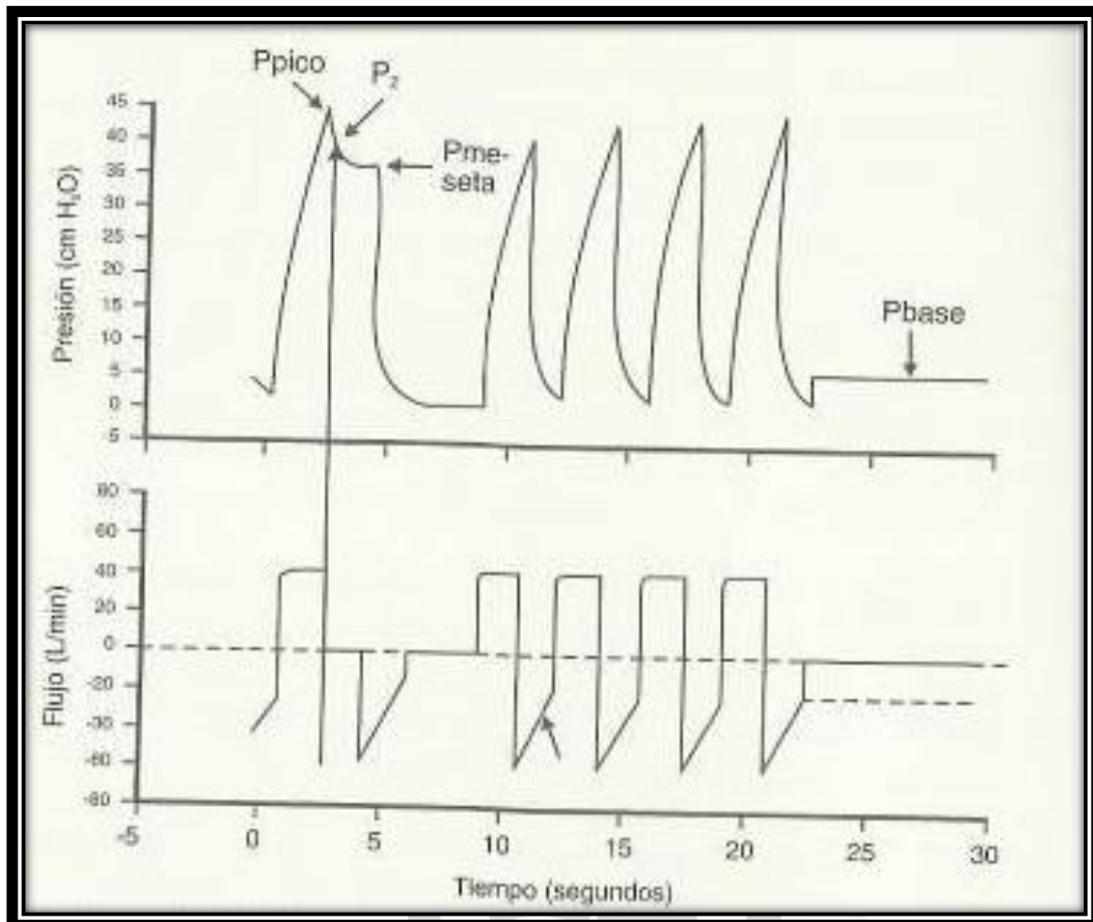
1. Baker AB. Artificial respiration, the history of an idea. *Med Hist*1971; 15: 336-51.
2. Trubuhovich RV. August 26th 1952 at 2. Copenhagen: 'BJ0m Ibsen's Day'; a significant event for Anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; 48: 272-277.
3. Dueñas C, Ortiz G, González M. Ventilación mecánica. Aplicación en el paciente crítico. 2 da edición. Colombia: Distribuna ;2009.
4. Ramos L, Benito S. Fundamentos de la ventilación mecánica .1ra edición. España: Marge; 2012.
5. Pintado M, De pablo R, Trascasa M, Milicua M, Sánchez M. Compliance-guided versus FiO2-driven positive-end expiratory pressure in patients with moderate or severe acute respiratory distress syndrome according to the Berlin definition. *Med int.*2017; Vol. 41 (5): páginas 277- 284
6. Dueñas C, Mejía, Coronel C, Ortiz G. Insuficiencia respiratoria aguda. *Cuid Intensivo.*2016;16(S1):1-24
7. Hernan J, Accoce M, Plotnikow G. Influencia de la caja torácica en el monitoreo de la mecánica respiratoria en síndrome de distrés respiratorio agudo. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2018; 30(2):208-218
8. Patroniti N, Bonatti G, Senussi T, Robba C. Ventilación mecánica y monitorización respiratoria durante la oxigenación con membrana extracorpórea para soporte respiratorio. *Ann transl Med .*2018; 6 (19): 386
9. Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p
10. Robin MJ , Van De Graff WB, Monitoring of lung mechanics and work of breathing .En: Martin Tobin M, editor. *Principles and Practice of Mechanical ventilation .*New York: McGraw-Hill;1994.chapter 44. 967-1004
11. Marini JJ, Truwit JD. Respiratory Monitoring in Critical Care Medicine ,The Essentials. En Truwit JD, Editor. Lippincoll Williams & Wilkins; Philadelphia .2006.78-106
12. West J. Fisiología respiratoria. Editorial Medica Panamericana. Sexta edición, Buenos Aires, 2004.
13. Cristancho W. Fundamentos de Fisioterapia Respiratoria y Ventilación Mecánica. Editorial El Manual Moderno, Bogotá, Colombia, 2003
14. Cristancho W. Fisiología respiratoria. Lo esencial en la práctica clínica. Editorial El Manual Moderno. Primera edición, Bogotá 2004.

15. Cristancho W. PEEP. Aspectos fisiológicos controversia. *Revista Colombiana de Neumología* 2001; 13(3):2.10-2.14.
16. Monitoring respiratory mechanics in mechanically ventilated patients [Internet]. [citado 2 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.hamilton-medical.com/it/Services/Knowledge-Base/Knowledge-Base-Detail~2018-04-30~Monitoring-respiratory-mechanics-in-mechanically-ventilated-patients~6e39d4bb-1ab7-4c46-bc18-83f3e77897f9~.html>
17. Freeman B, Berger J. *Anesthesiology Core Review*. McGraw Hill Professional; 2014. 588 p.
18. Gay PC, Rodarte JR, Hubmayr RD. The effect of positive expiratory pressure on isovolume Flow and dynamic hyperinflation in patients receiving mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989;139: 621–626.
19. Nucci G, Mergoni M, Bricchi C, Polese G, Cobelli C, Rossi A. On-line monitoring of intrinsic PEEP in ventilator dependent patients. *J Appl Physiol* 2000; 89: 985–995.
20. Dorado JH, Accoce M, Plotnikow G. Influencia de la caja torácica en el monitoreo de la mecánica respiratoria en síndrome de distrés respiratorio agudo. *Rev Bras Ter Intensiva*. junio de 2018;30(2):208-18.
21. Cortes-Puentes GA, Keenan JC, Adams AB, Parker ED, Dries DJ, Marini JJ. Impact of chest wall modifications and lung injury on the correspondence between airway and transpulmonary driving pressures. *Crit Care Med*. 2015;43(8):e287-95.
22. Gattinoni L, Carlesso E, Cressoni M. Selecting the 'right' positive endexpiratory pressure level. *Curr Opin Crit Care*. 2015;21(1):50-7.
23. Brochard L, Martin GS, Blanch L, Pelosi P, Belda FJ, Jubran A, et al. Clinical review: Respiratory monitoring in the ICU - a consensus of 16. *Crit Care*. 2012;16(2):219.
24. Yang Y, Li Y, Liu SQ, Liu L, Huang YZ, Guo FM, et al. Positive end expiratory pressure titrated by transpulmonary pressure improved oxygenation and respiratory mechanics in acute respiratory distress syndrome patients with intra-abdominal hypertension. *Chin Med J (Engl)*. 2013;126(17):3234-9
25. Suter PM, Fairley B, Isenberg MD. Optimum end-expiratory airway pressure in patients with acute pulmonary failure. *N Engl J Med*. 1975;292(6):284-9.
26. Harris RS. Pressure-volume curves of the respiratory system. *Respir Care*. 2005;50(1):78-98; discussion 98-9.

27. Chiumello D, Colombo A, Algieri I, Mietto C, Carlesso E, Crimella F, et al. Effect of body mass index in acute respiratory distress syndrome. *Br J Anaesth.* 2016;116(1):113-21.
28. Hess D, Kacmarek R: Basic pulmonary mechanics during mechanical ventilation. En: Hess D, Kacmarek R (eds.): *Essentials of mechanical ventilation.* EUA, McGraw--Hill, 2002:264-270.
29. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I: Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 2002; 287:345-355.
30. Carrillo R. *Ventilación mecánica.* Alfil; 2014. 462 p.
31. D'Angelo E, Tavola M, Milic EJ: Volume and time dependence of respiratory system mechanics in normal anaesthetized paralyzed humans. *Eur Respir J*2000; 16:665-672.
32. Ranieri VM, Zhang H et al.:PT curve predicts minimally injurious ventilator strategy in an isolated rat lung model. *Anesthesiology* 2000; 93:1320-1328.
33. Pelosi P, Rocco PRM, Gama de Abreu M: Computed tomography scanning of USE guides to adjust length recruitment and positive end--expiratory pressure. *Curr Opin Crit Care* 2011; 17:268-274.
34. ARDS Net work: Ventilation with lower tidal volume as compared with traditional tidal volume for ALI and ARDS. *N Engl J Med* 2000; 342:1301-1308.
35. Arbelot C, Ferrari F, Bouhemad B,Rouby JJ: Lung ultrasound in a cute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Curr Opin Crit Care* 2008; 14:70-74

ANEXOS

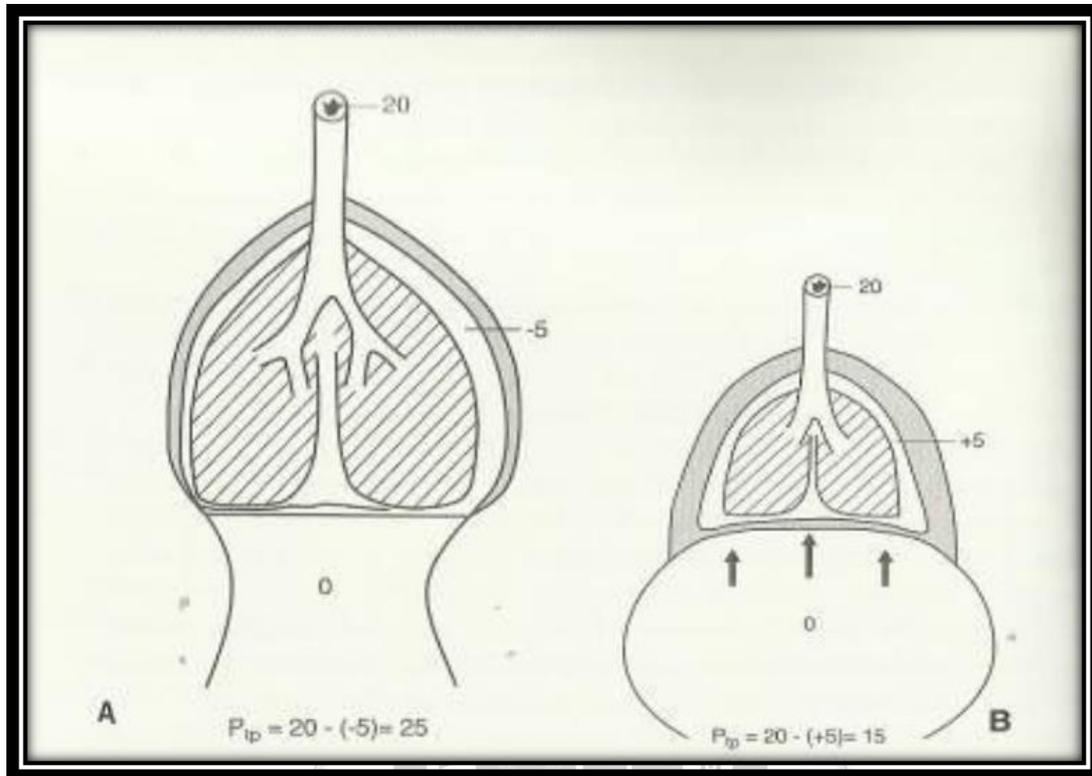
ANEXO 1: Presión al final de la espiración o presión de base



Trazado en el cual se registran la presión en la vía aérea y el flujo durante la ventilación mecánica, se observa la presión pico, la presión inicial, la presión meseta y la presión espiratoria (P_{base}). La flecha pequeña inferior en el trazo flujo/tiempo marca como el flujo espiratorio no llega a cero antes del inicio de la inspiración siguiente y ocasiona un atrapamiento aéreo y auto-PEEP.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

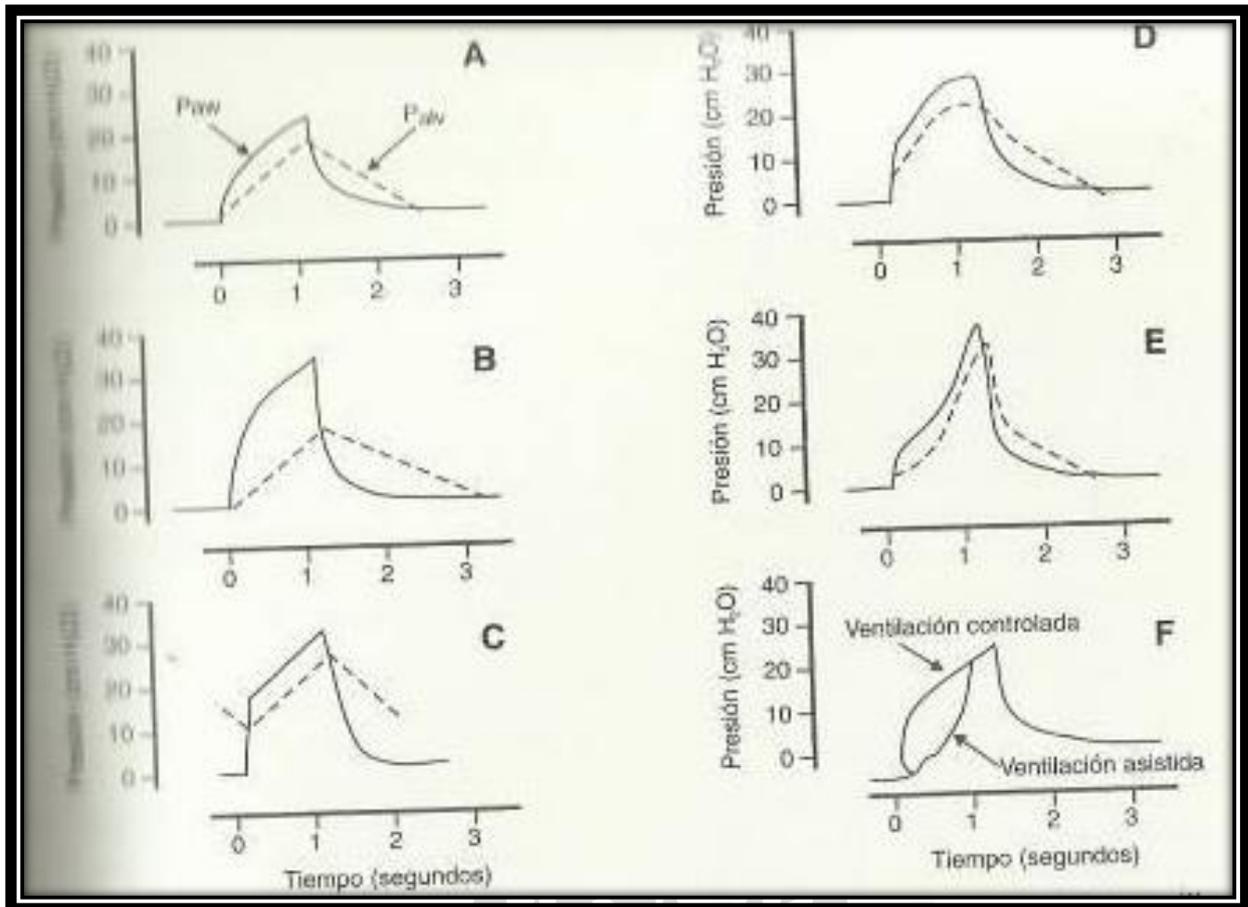
ANEXO 2: Presión Pleural



Volumen pulmonar y presión transpulmonar ya sea espontánea o durante la ventilación mecánica a presión positiva. A) Vemos un individuo con distensibilidad normal de la pared torácica y esfuerzo inspiratorio. B) Aparece un paciente ventilado en forma pasiva y con disminución de la distensibilidad de la pared torácica por distensión abdominal, obesidad mórbida o ascitis.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Crítica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

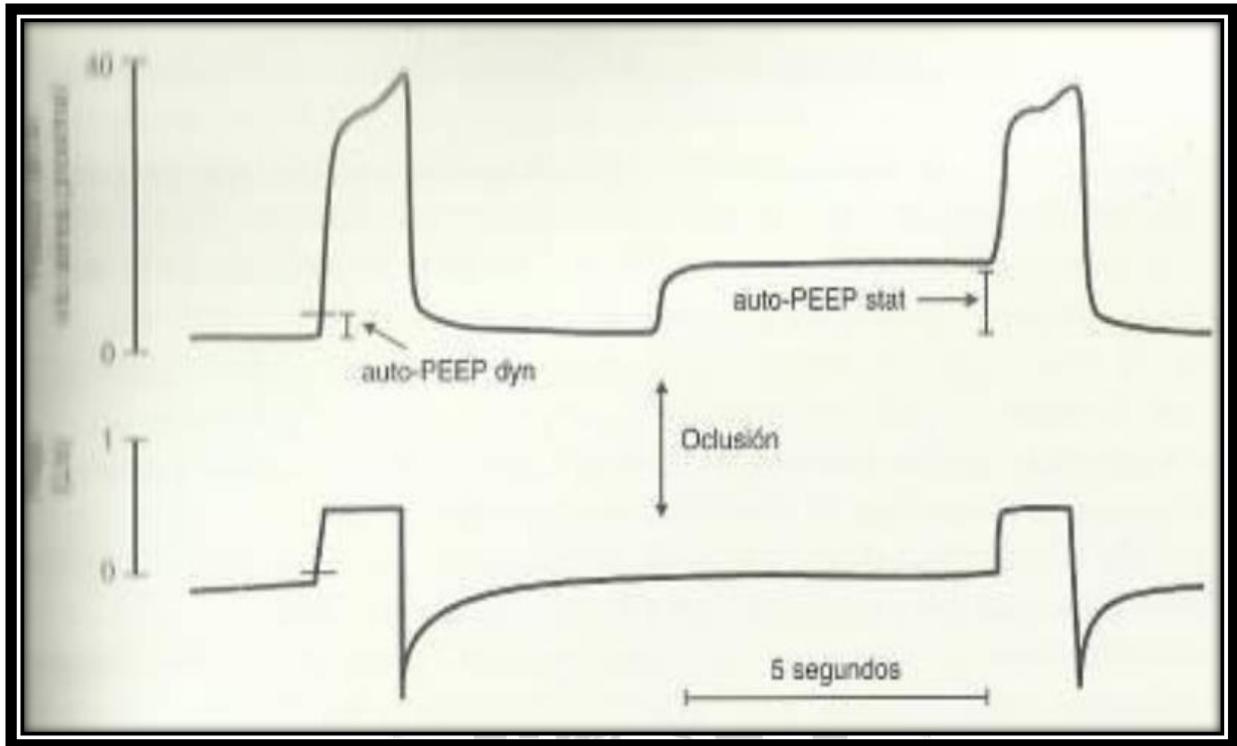
ANEXO 3: Análisis de la curva de la presión en la vía aérea en tiempo real



(A-E) representan los perfiles correspondientes de presión alveolar, A) normal, B) aumento de la resistencia, C) presencia de auto-PEEP, D) volumen dependiente de la distensibilidad, E) sobredistención, F) esfuerzo inspiratorio, PAW = presión de la vía aérea proximal, Palv = presión alveolar.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

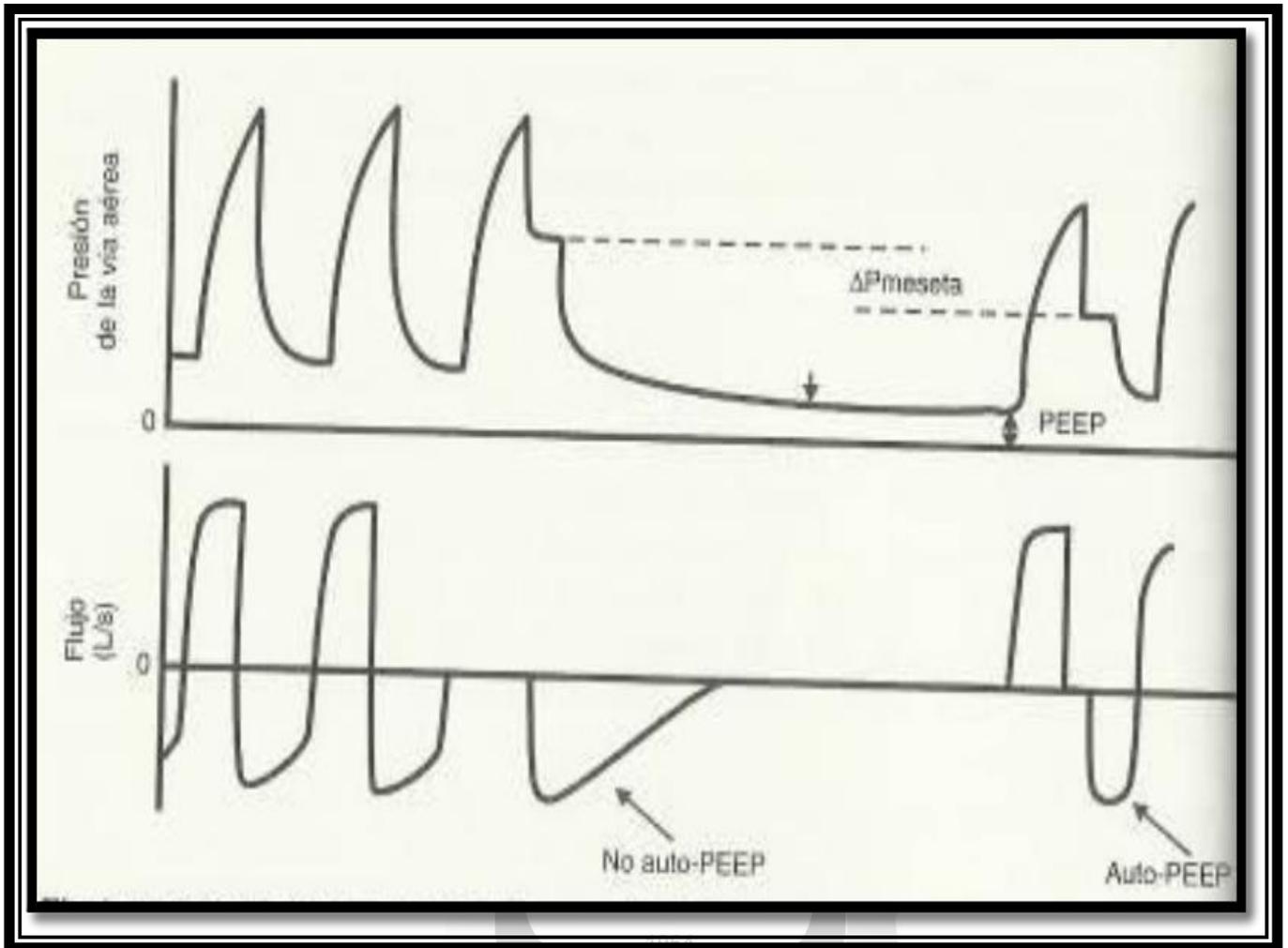
ANEXO 4: Método estático y Método dinámico



Método estático y dinámico de medición de la auto-PEEP. Registro la presión de la vía proximal y flujo en el que se demuestra el método estático (auto-PEEP stat) de medición de la auto-PEEP durante la oclusión espiratoria y el método dinámico (auto-PEEP dyn) de medición de la auto-PEEP durante la espiración con vía aérea no ocluida. Cabe decir que el valor estático excede el valor dinámico de la auto-PEEP medida.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

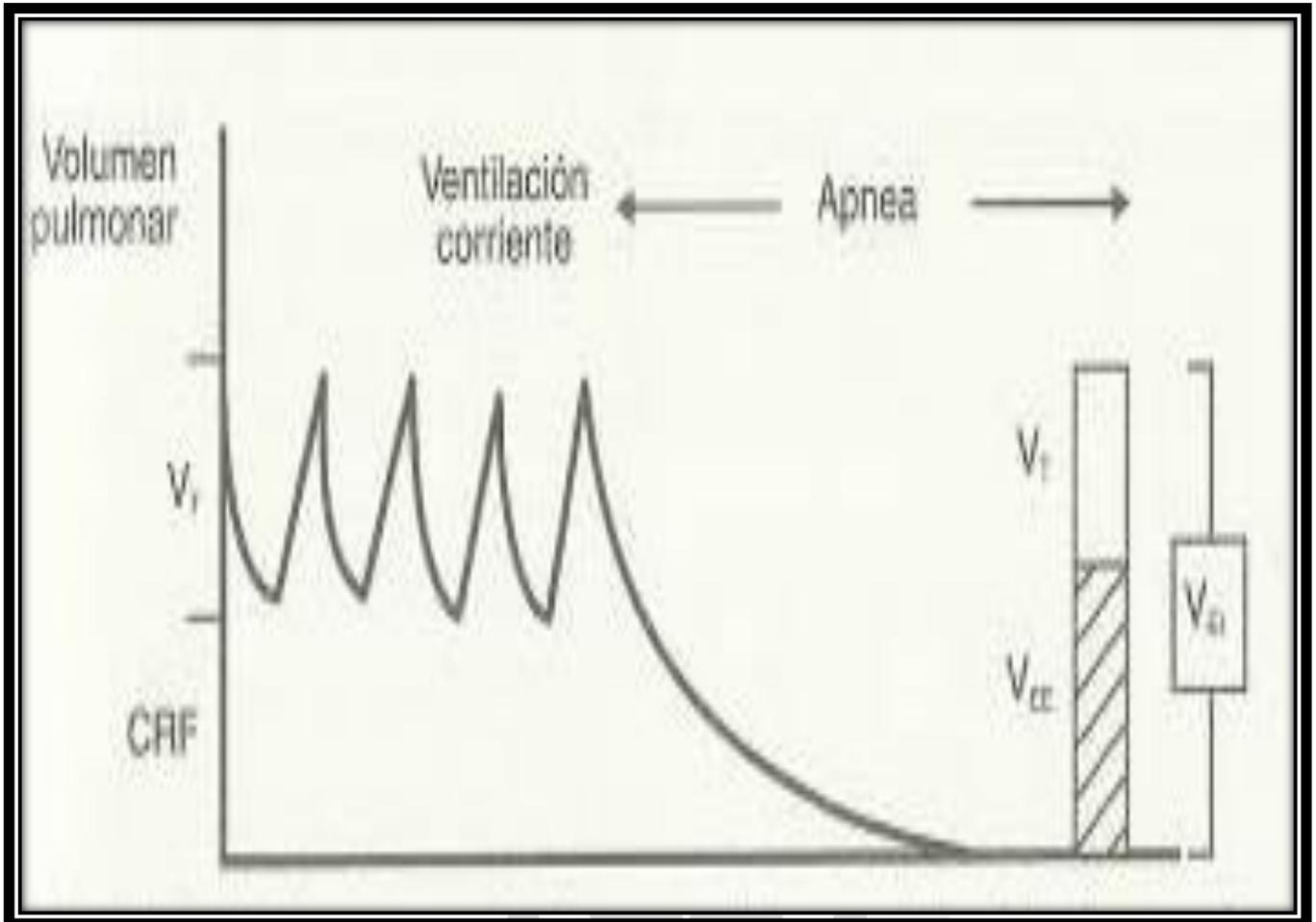
ANEXO 5: Diferencia en el valor de la P meseta durante la VCV



Estimación de la auto-PEEP por medio de la medición de la Pmeseta antes y después de una pausa espiratoria prolongada. La pausa permitirá eliminar el volumen atrapado de gas responsable de la auto-PEEP, por lo cual la diferencia entre ambas mediciones permite realizar la cuantificación de esta.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Crítica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

ANEXO 6: Intensidad de la hiperinsuflación pulmonar

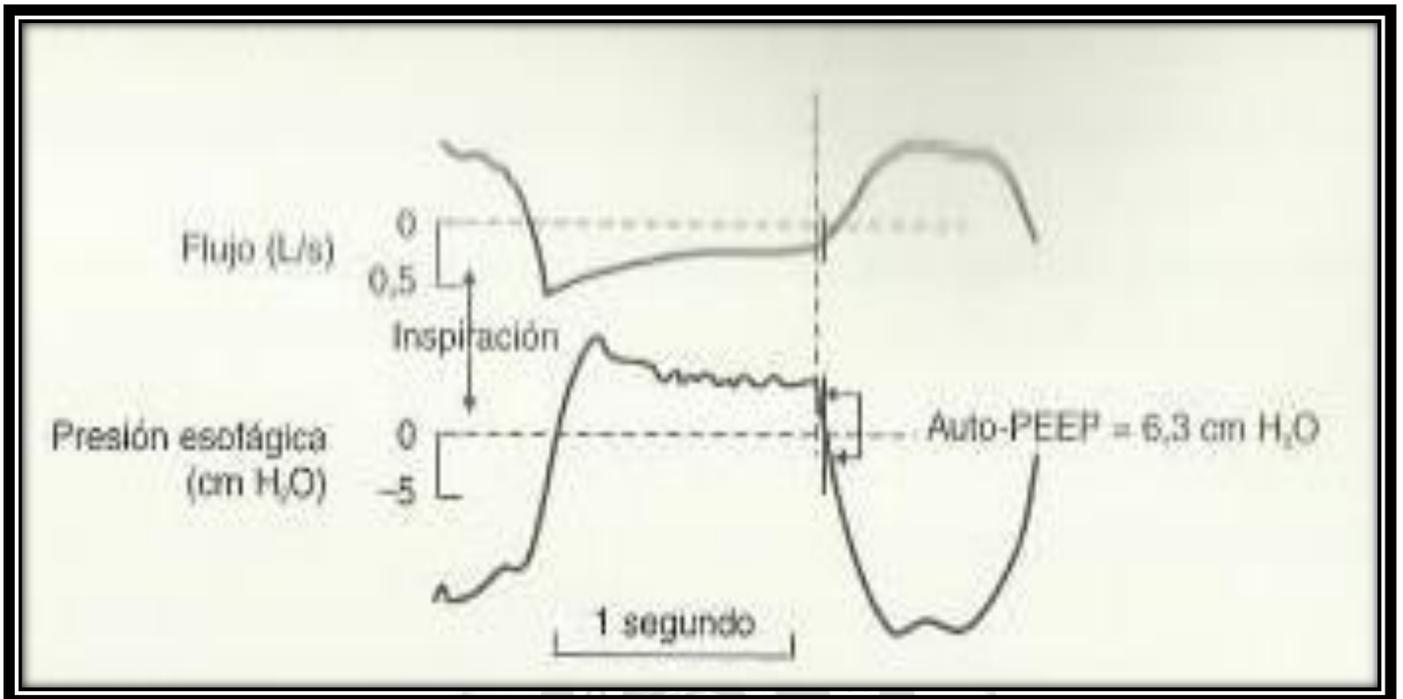


Medición del volumen atrapado, el volumen pulmonar al final de la inspiración (VEI) por encima de la capacidad residual funcional (CRF), medido como el volumen espirado durante una apnea prolongada.

La diferencia entre la VEI y el volumen con V_t representa el volumen por encima de la CRF al final de una espiración con V_t constante, es decir, el volumen atrapado (VEE).

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

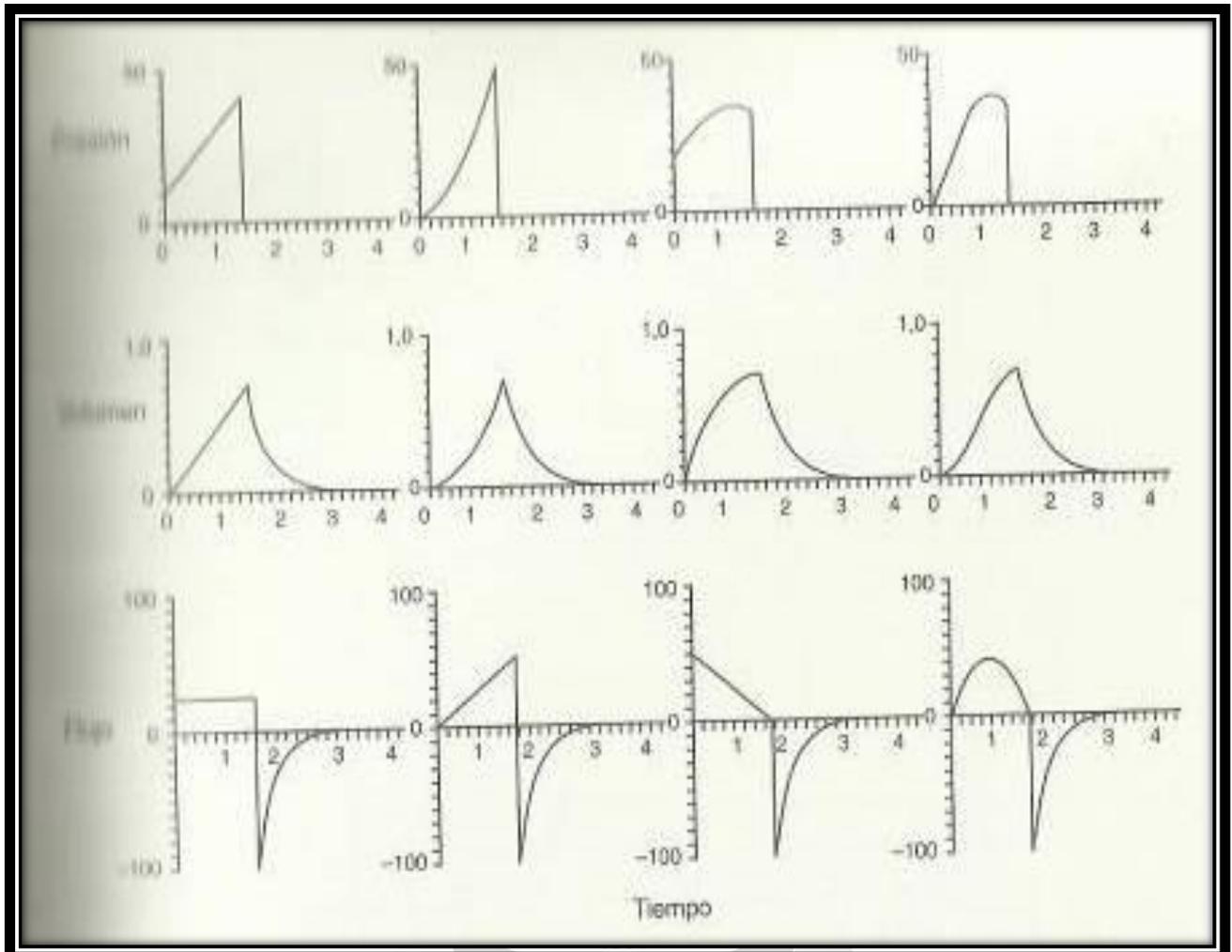
ANEXO 7: Medición durante la ventilación asistida o espontánea



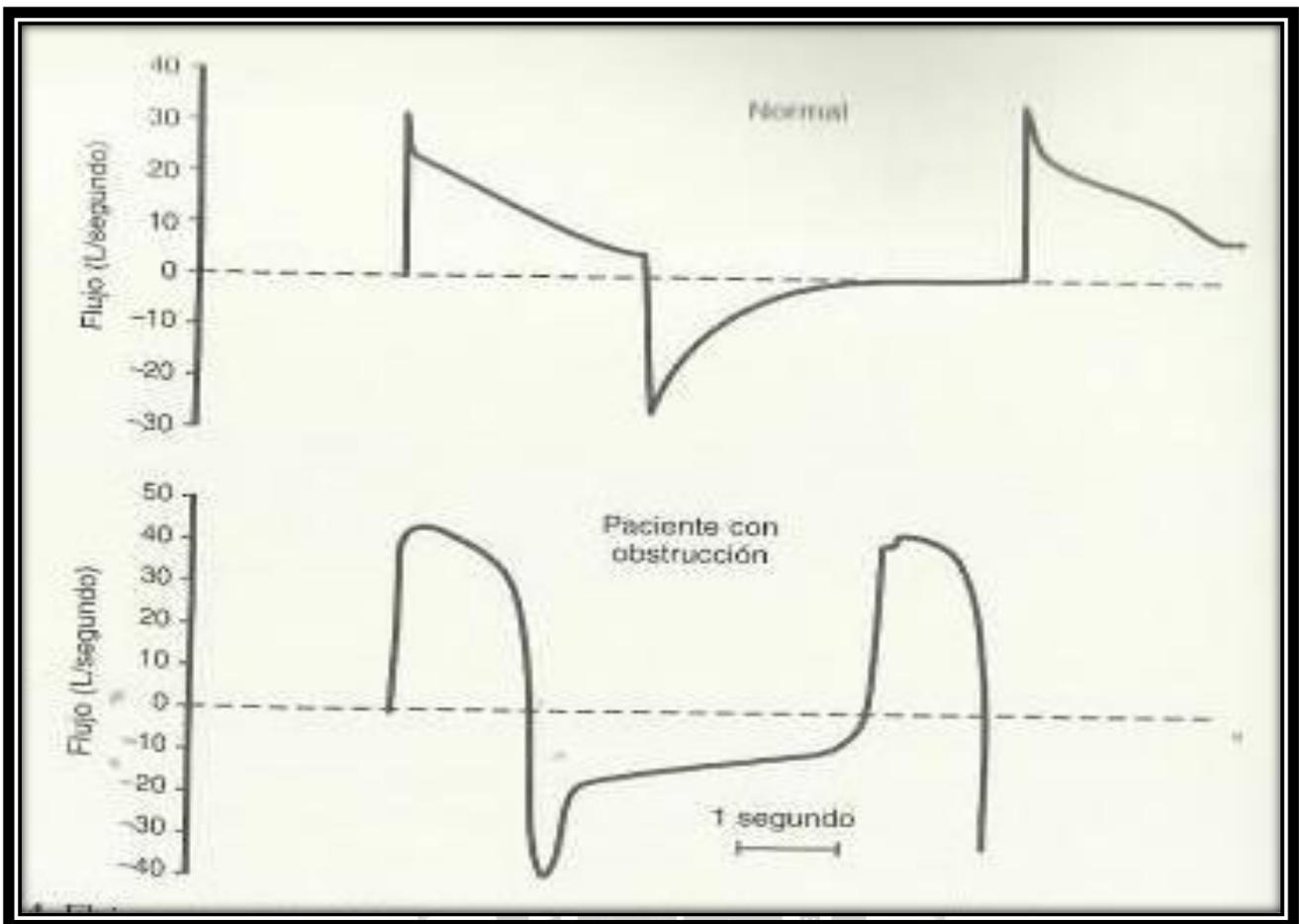
Medición de la auto-PEEP en pacientes con ventilación espontánea. Registro del flujo y de la presión esofágica que muestra cómo medir la auto-PEEP en pacientes ventilados espontáneamente. La auto-PEEP determina por medio de la Pes desde el comienzo del esfuerzo hasta que se inicia el flujo inspiratorio, la Pes disminuye hasta vencer a la auto-PEEP antes de que el flujo inspiratorio empiece.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Crítica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

ANEXO 8: Flujo



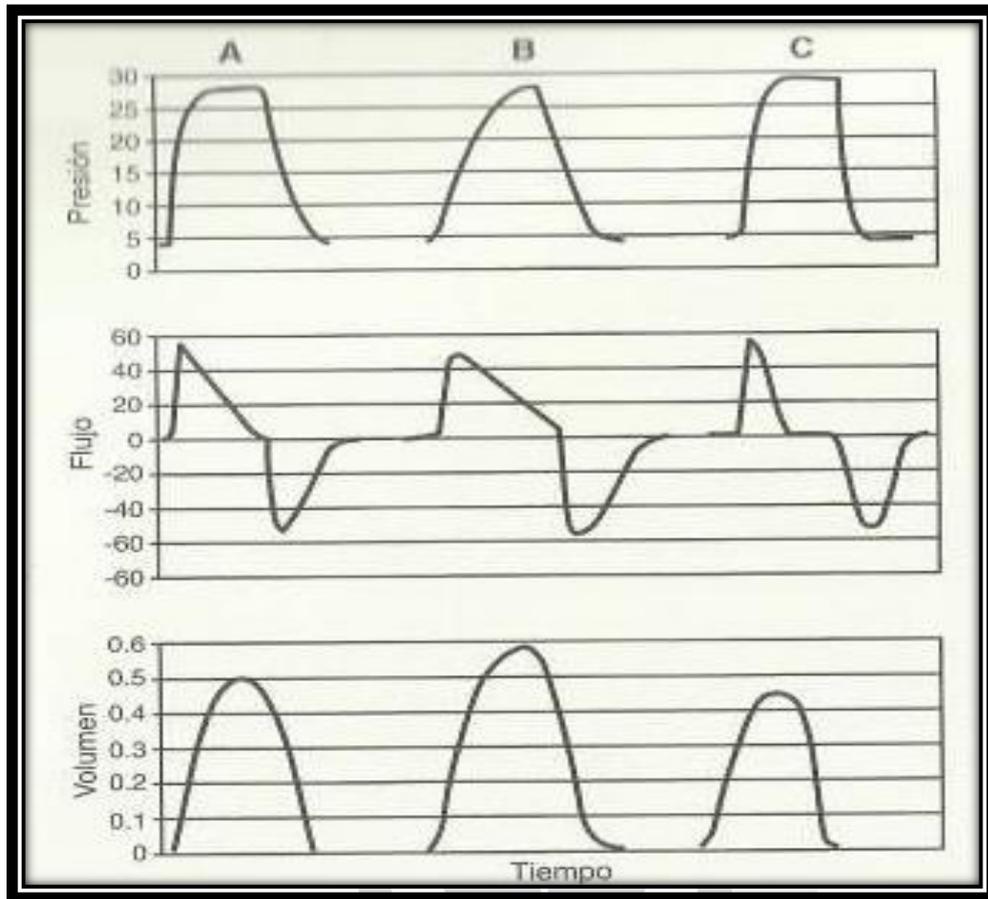
Representa el cambio de presión de la vía aérea como respuesta a los diferentes patrones de flujo seleccionados. Curvas de presión/ tiempo, volumen /tiempo y flujo /tiempo con diferencia morfológicas de flujo inspiratorio; constante, rampa ascendente, descendente y sinusoidal.



Flujos espiratorios normal y prolongado. Una curva de flujo en un paciente que completa la espiración se caracteriza por su forma arqueada que llega al cero, la siguiente curva muestra un paciente que al tener una obstrucción de flujo representada por una curva más recta que no llega a cero, no completa la espiración, retiene el volumen y se hiperinsufla en forma progresiva.

Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

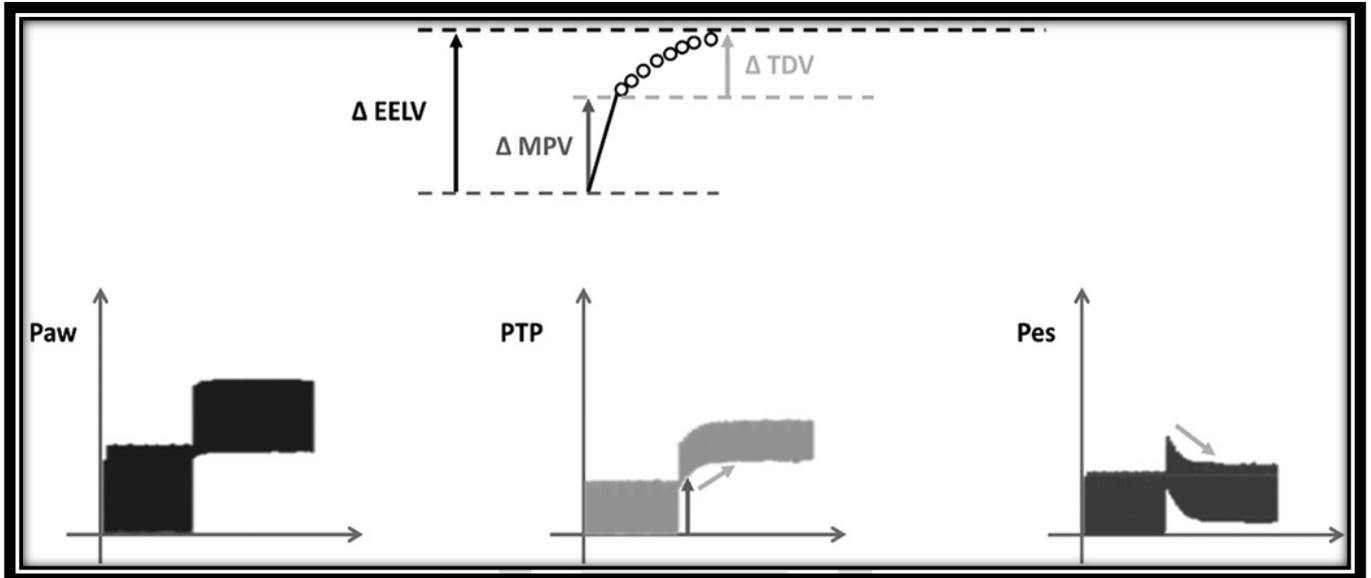
ANEXO 9: Curva flujo / tiempo durante la ventilación controlada por presión



Curva de presión, flujo y volumen en función del tiempo durante la ventilación controlada por presión en un paciente con complacencia normal (A), elevada (B) o disminuida (c).

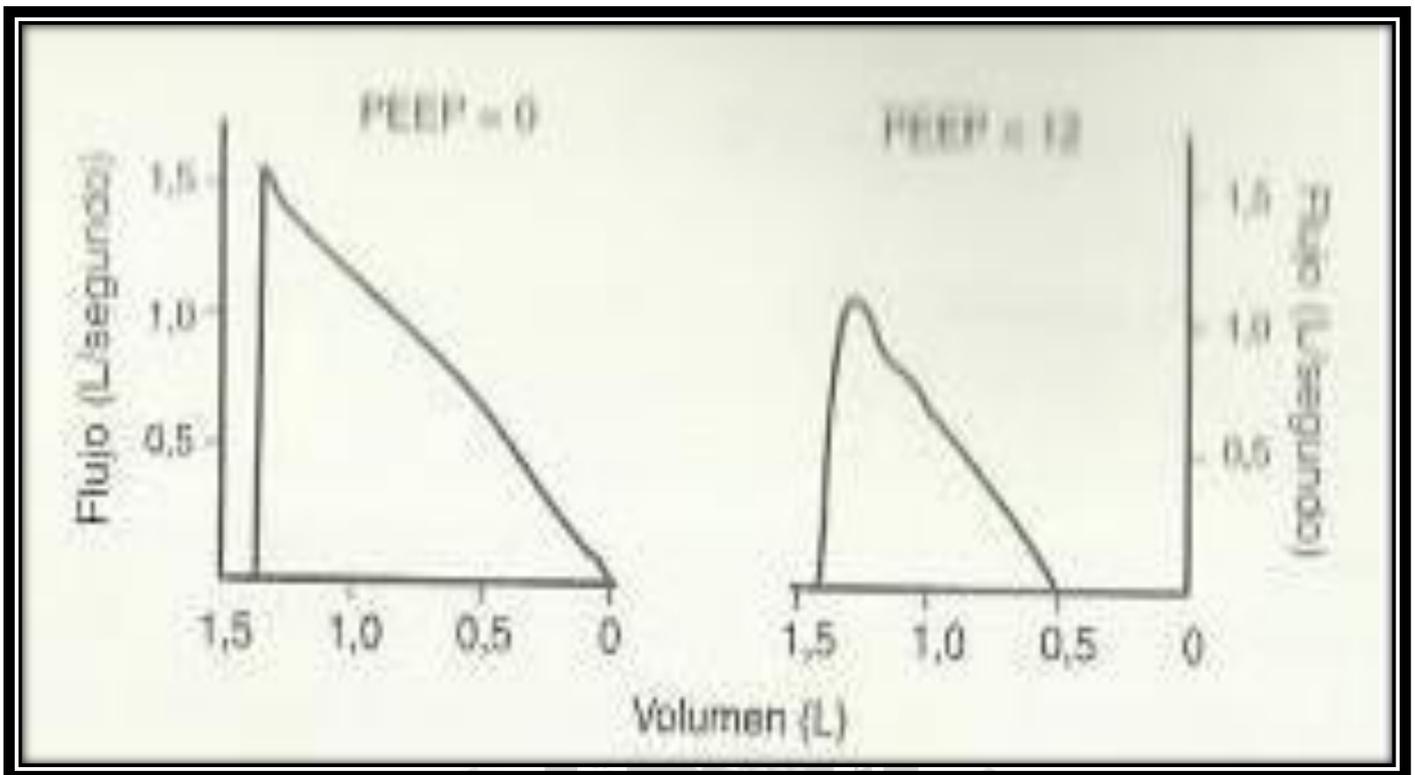
Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Crítica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p

ANEXO 10: Presión positiva al final de la espiración

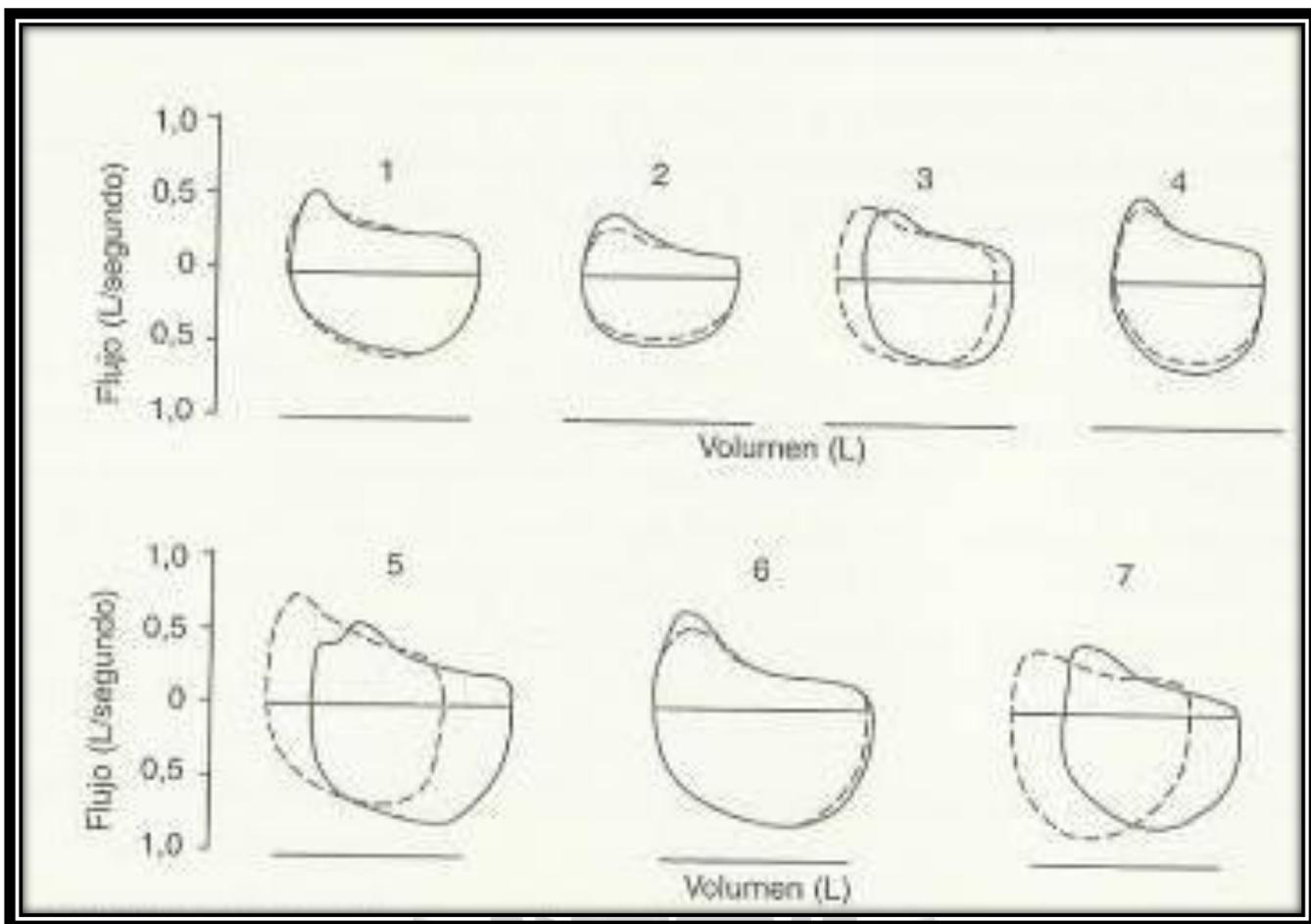


Referencia :Pintado M, De pablo R, Trascasa M, Milicua M, Sánchez M. Compliance-guided versus FiO₂-driven positive-end expiratory pressure in patients with moderate or severe acute respiratory distress syndrome according to the Berlin definition. Med int.2017; Vol. 41 (5): páginas 277- 284

ANEXO 11: Curvas de flujo-Volumen



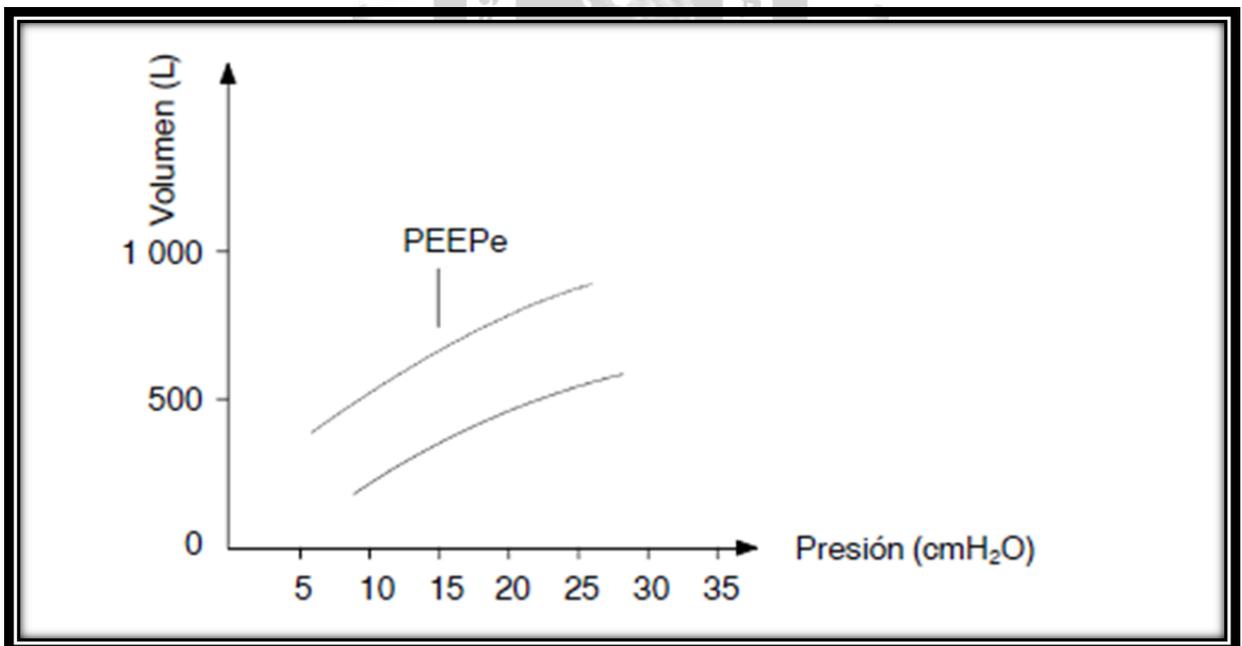
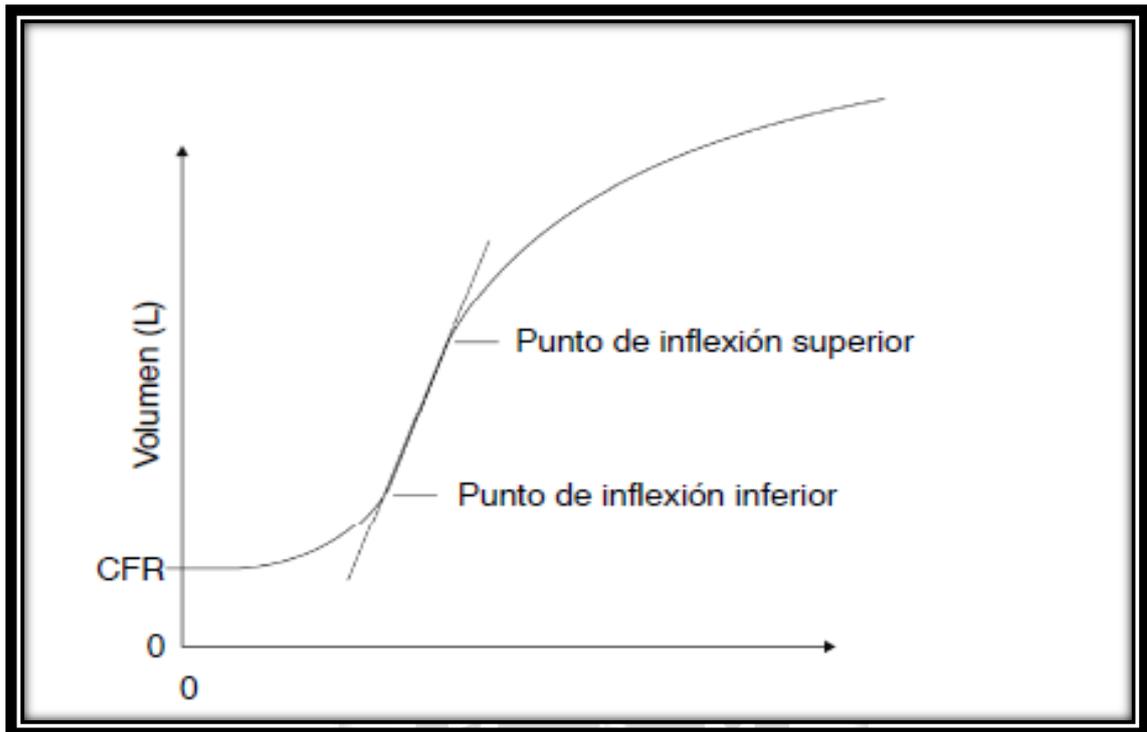
Curva de flujo /volumen típico de un paciente con SDRA en ventilación mecánica, la curva de la izquierda muestra la inclinación y la velocidad del flujo espiratorio, en la curva de la derecha muestra el agregado de PEEP produce una disminución del flujo espiratorio y un incremento del volumen al final de la espiración.



Curva de flujo-volumen en siete pacientes con EPOC durante el control (línea sólida) y después de la aplicación de 5cm de H₂O de CPAP (línea punteada). Los pacientes 1,2,4 y6 la aplicación de PEEP no modifico la curva lo que evidencia presencia de PEEP, en cambio en los pacientes en los cuales el sí es modificado 3,5,7 no existía una limitación al flujo previo y la PEEP extrínseca la provoco.

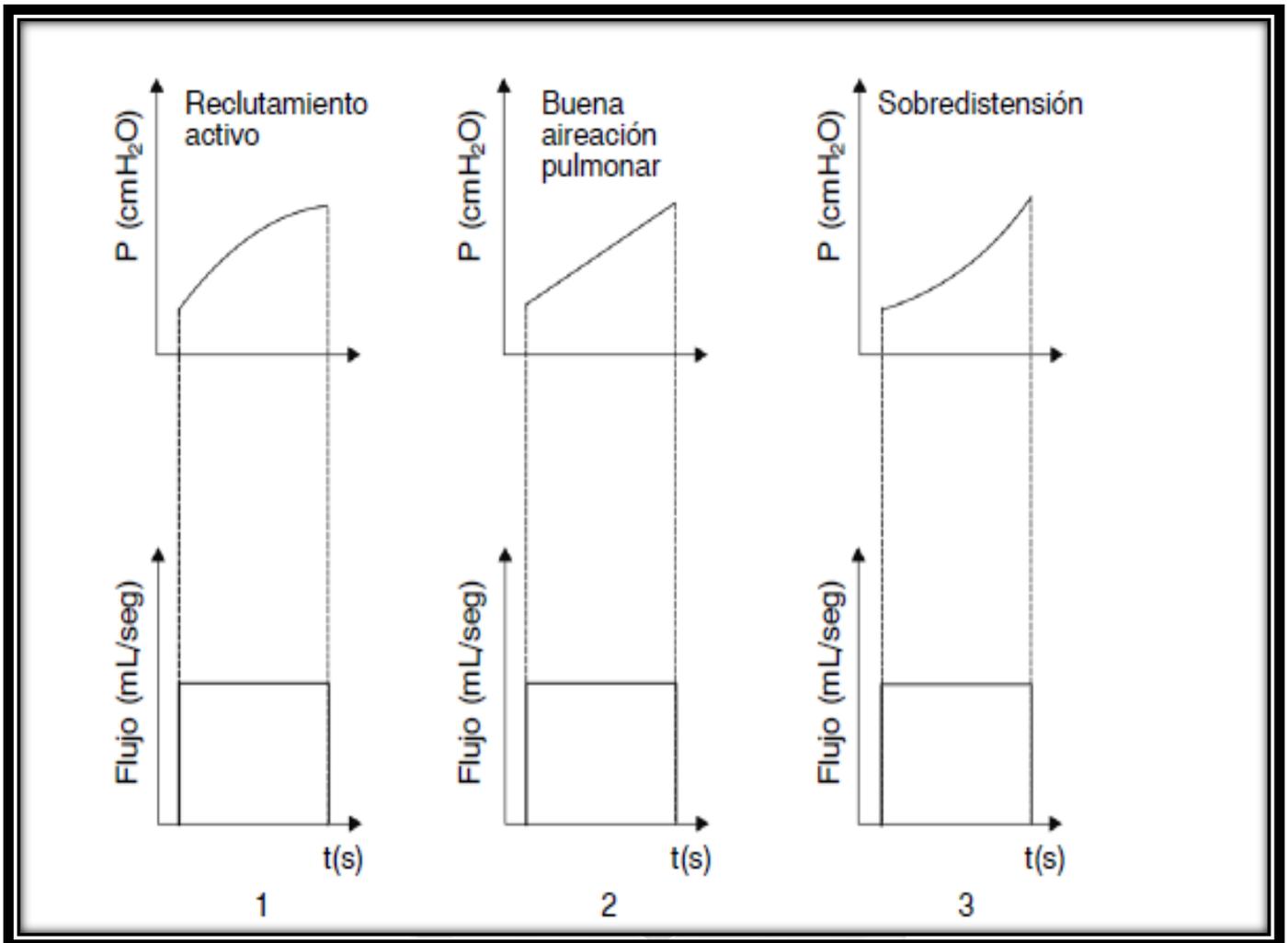
Referencia: Chiappero GR, Villarejo F. Ventilación mecánica: Libro Del Comité De Neumología Critica De La Sati. Editorial Medica Panamericana; 2010. 528 p.

ANEXO 12: Curvas P-v



Referencia: Carrillo R. Ventilación mecánica. Alfil; 2014. 462 p.

ANEXO 13: Formas de la curva de P-t



Referencia: Carrillo R. Ventilación mecánica. Alfil; 2014. 462 p.