



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



HOSPITAL DE CLÍNICAS
Dr. Manuel Quintela

Mechanical Power dinámico en pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital de Clínicas

Universidad de la República - Facultad de Medicina

Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela” - Cátedra de Medicina Intensiva

Orientador: Prof. Agdo. Dr. Arturo Briva

Estudiantes: Andrea Freira ⁽²⁰¹⁸⁰¹⁰²⁰⁾, Mercedes Gallarreta ⁽²⁰¹⁸⁰¹⁰²⁰⁾, Micaela Gaudio ⁽²⁰¹⁸⁰¹⁰²⁰⁾, Valentina Isi ⁽²⁰¹⁸⁰¹⁰²⁰⁾, Agustina Otondo ⁽²⁰¹⁸⁰¹⁰²⁰⁾

Ciclo de Metodología Científica II - 2020. Grupo 36

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5. METODOLOGÍA	9
6. ANÁLISIS DE DATOS.....	11
7. RESULTADOS	13
8. DISCUSIÓN	16
9. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	18
10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
11.AGRADECIMIENTOS	22
12.ANEXOS	23

1. RESUMEN

La lesión pulmonar inducida por el ventilador es consecuencia de la interacción del pulmón con las variables ventilatorias mecánicas. Actualmente se intenta unificar la contribución de éstas en un parámetro denominado Mechanical Power (MP). Debido a que el MP es dinámico, es necesario conocer su variación en el tiempo y su relación con la condición clínica del paciente para lograr estrategias de ventilación protectora. Se trabajó con 13 pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital de Clínicas, realizando el seguimiento continuo de su MP por 24 horas. Se analizó la relación entre las variables ventilatorias y variaciones del MP, y la permanencia del MP en rangos objetivos según la condición pulmonar de cada paciente. Se observó que el 46% de los pacientes se mantuvo más del 50% del tiempo fuera de su rango objetivo. La variable que más veces se encontraba en aumento cuando el MP superó dicho rango fue el volumen tidal, seguida de la frecuencia respiratoria. Actualmente se continúa trabajando para entender el comportamiento de estas variables y su influencia sobre el MP. Se deberá profundizar para ello en el método de recolección de datos y aumentar el tamaño muestral para realizar inferencias poblacionales. A partir de ello se podrá comenzar a ahondar en la relación entre el MP y la patología pulmonar. En este estudio se logró reafirmar la utilidad y necesidad de estudiar en profundidad el comportamiento del MP y su relación con las variables que lo determinan. Esto es fundamental para lograr su aplicación clínica.

Palabras clave: asistencia ventilatoria mecánica, mechanical power, lesión pulmonar inducida por el ventilador

ABSTRACT

Ventilator-induced lung injury is produced by the interaction between the lung and mechanical ventilatory variables. The parameter known as Mechanical Power (MP) attempts to summarize the effect of these variables. Given that the MP is dynamic, it is necessary to know its variation over time in relation to the patients' clinical condition in order to achieve protective ventilation strategies. In this work, the MP of 13 patients of the intensive care unit from the Hospital de Clínicas was monitored continuously for 24 hours. The relation of the ventilatory variables to the variations in MP was described. Thresholds of MP were determined according to the patients' pulmonary condition, and the amount of time spent on each range analyzed. It was shown that 46% of patients spent 50% of the time outside their target range. The variable that was most often increasing when the MP crossed the threshold was tidal volume, followed by the respiratory rate. Currently, work is being done to understand these variables' behavior and their influence on MP. To do this, the data collection method should be improved and the sample size increased to make population inferences. From this point on, it will be possible to delve into the relation between MP and pulmonary disease. This study reaffirmed the usefulness and need of in-depth investigation of the behavior of the MP and its connection with the variables that determine it. This is essential to develop its clinical applications.

Key words: ventilator induced lung injury, mechanical power, assisted ventilation

2. INTRODUCCIÓN

2.1.1. Fisiología respiratoria

La respiración es el proceso por el cual el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂) son transportados hacia y desde la célula en un intercambio continuo con el ambiente (1). En el presente trabajo se abordarán aspectos mecánicos del sistema respiratorio, por lo que se detallarán algunos de los mecanismos que le subyacen.

2.1.2. Mecánica ventilatoria

La mecánica ventilatoria estudia el movimiento de los gases entre los alvéolos y la atmósfera, implicando el análisis de varias fuerzas que permiten vencer la resistencia pulmonar y darle sostén y movimiento al sistema toracopulmonar (2). La fuerza que genera la apertura de la vía respiratoria es la presión transmural alveolar, también denominada presión transpulmonar (P_{tp}). La P_{tp} corresponde a la diferencia de presión entre el alvéolo (P_{alv}) y la presión intrapleuraleal (P_{ip}):

$$P_{tp} = P_{alv} - P_{ip}$$

De esta relación surge que para expandir la vía aérea se puede reducir la P_{ip} y/o aumentar la P_{alv}. La primera situación es la que ocurre fisiológicamente durante el transcurso de una respiración a volumen corriente y la segunda es la que ocurre durante la asistencia ventilatoria mecánica (AVM) en la que el ventilador ofrece presión positiva.

2.1.3. Mecánica ventilatoria estática

El estudio de las propiedades estáticas del sistema toracopulmonar permite obtener parámetros que lo caracterizan, estos son: compliance o distensibilidad (C) y elastancia o rigidez (E). La distensibilidad es una medida de la facilidad con la que el sistema se distiende (ΔV) ante los cambios de presión (ΔP). El inverso de la C es la rigidez y está dada fundamentalmente por las propiedades elásticas pulmonares.

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

2.1.4. Mecánica ventilatoria dinámica

En condiciones dinámicas se realiza trabajo extra para vencer la resistencia (R) de la vía aérea y así generar un flujo de aire (F). Esto se logra con un gradiente de presión entre los alvéolos y la presión atmosférica. Se resume como:

$$R = \frac{\Delta P}{F}$$

La distensibilidad también es un fenómeno dinámico y varía en relación a la frecuencia respiratoria (FR). Para explicar esto, se la puede analizar como un proceso exponencial, por lo que se

cuenta con un valor de ΔV del 63% que ocurrirá en una constante de tiempo t ($t=0,2s$ en pulmones sanos). Cuando se aumenta la FR disminuye el tiempo inspiratorio y por lo tanto disminuye el porcentaje del ΔV alcanzado. En pulmones sanos esto no hace variar demasiado la distensibilidad, a diferencia de lo que ocurre en pulmones que tienen una resistencia mayor. (3)

2.1.5. Ecuación del movimiento

Reuniendo las expresiones nombradas con anterioridad se llega a la ecuación del movimiento (EM), a partir de la cual se trabaja el concepto del Mechanical Power (MP). La EM reúne todas las fuerzas que realizan un trabajo durante el ciclo respiratorio: presión debida al retroceso elástico, presión debida a la resistencia y presión positiva al final de la espiración (PEEP) (4). Lo que se resume en:

$$P = C \cdot \Delta V + R \cdot F + PEEP$$

2.2.1 Ventilación mecánica

La respiración espontánea en algunas ocasiones requiere ser apoyada o sustituida por métodos artificiales en pos de cumplir con los requerimientos ventilatorios de cada paciente, constituyendo esto la AVM. La AVM como tal puede hacerse de forma total o parcial, de acuerdo a la participación de la función fisiológica del paciente en cada ciclo respiratorio. Esta monografía se centrará en los modos que configuran una sustitución total de la función respiratoria. Para entender los fundamentos del soporte ventilatorio, se definirán primero algunos conceptos.

2.2.2. Variables ventilatorias

Durante un ciclo respiratorio asistido, es el ventilador quien ejerce una presión positiva dentro de la vía aérea, la cual debe ser suficiente para superar las presiones resistivas y elásticas de la vía aérea. Para lograr esto, cada ventilador debe ser ajustado al paciente que recibe AVM, modificando las variables ventilatorias denominadas: variables de control, de fase y condicionales.

Las variables de control son presión, flujo y volumen y se definen como aquellas modificadas por el ventilador para lograr la inspiración, siendo que el mismo solo controla una de las tres en cada momento.

Las variables de fase son señales que toma el ventilador para iniciar (trigger), finalizar (ciclado) o sostener (límite) alguna fase del ciclo ventilatorio, siendo éstas el comienzo de la inspiración, la inspiración, el final de la inspiración y la espiración. El trigger puede ser determinado por el ventilador de acuerdo al tiempo, en lo que se denomina ventilación controlada, o puede ser disparado por el paciente si éste mantiene la capacidad para respirar. En este último caso, el trigger es un valor de presión o de flujo que determina un umbral el cual, al ser superado por el paciente, es censado produciéndose entonces el inicio de un ciclo inspiratorio. Por otro lado, la variable de ciclado es aquella que define el inicio y final de un ciclo inspiratorio y el comienzo de la espiración. Un ejemplo de variable de ciclado es el volumen: tras ingresar el volumen predeterminado por el clínico, el

ventilador finaliza el ciclo inspiratorio y da lugar a la espiración. Por último, las variables límite son aquellas en las que se define un valor que no puede ser superado por el ventilador, se utilizan para establecer cierto grado de seguridad en la AVM. Los parámetros más utilizados como variables límite son el VT y la presión; un ejemplo de variable límite es la presión pico en el modo controlado por presión, la cual establece un valor máximo de presión que puede ser alcanzado durante un ciclo inspiratorio (sin finalizar el ciclo en cuestión).

Las variables condicionantes, no siempre presentes, son aquellas que al ser censadas por el ventilador inician una acción. Un ejemplo de esto es la presión inspiratoria ejercida por el paciente durante el modo de ventilación intermitente sincronizado (ver más adelante), en el que al alcanzarse una presión inspiratoria ejercida por el paciente en ventilación espontánea, el ventilador inicia un ciclo inspiratorio. Este ciclo inspiratorio que es activado por la variable condicionante “presión inspiratoria” también cumple con los parámetros límite, de ciclado y de fase definidos para el resto de las inspiraciones.

2.2.3. Modos ventilatorios

Los modos ventilatorios hacen referencia a la forma de interacción entre el ventilador y el paciente. Es así que se encuentran modos convencionales, alternativos y especiales que engloban las distintas formas en que se apoya la ventilación.

El modo de ventilación elegido para cada paciente se sustenta fundamentalmente en tres pilares: los requerimientos y características del paciente; la experiencia del clínico a cargo; y la disponibilidad del centro en donde será atendido (incluido el nivel de especialización de la institución y el acceso a los diferentes dispositivos de ventilación).

No se ahondará en este apartado sobre los modos especiales de ventilación, que incluyen la ventilación de alta frecuencia oscilatoria, oxigenación extracorpórea, entre otros; ni tampoco sobre los modos alternativos más allá del BiPAP, al cual se hará una breve referencia.

Los modos convencionales son los más utilizados y los de mayor relevancia para este trabajo. Por ser altamente difundidos se cuenta con muchos datos sobre los beneficios y detrimentos que ejercen sobre el sistema respiratorio, sin embargo aún no se cuenta con evidencia que muestre una clara superioridad de alguno de ellos sobre los otros.

Se describirán entonces cada uno de los modos convencionales de ventilación:

a) Ventilación controlada por volumen:

Este modo garantiza un cierto volumen prefijado por el operador para cada respiración, y una frecuencia mínima de respiraciones por minuto. La desventaja fundamental de este método es que, al intentar mantener un volumen mínimo en una vía aérea con resistencia aumentada, incrementa la probabilidad de barotrauma por excesos en la presión inspiratoria.

b) Ventilación controlada por presión:

En la ventilación controlada por presión el mecanismo ventilatorio es similar al anterior, con la diferencia de que el valor prefijado, en lugar de ser el volumen, es la presión. Se garantiza en cada ciclo respiratorio una frecuencia mínima y una presión inspiratoria equivalente, pero sin garantizar un volumen mínimo. La principal desventaja que tiene este modo es que al no garantizar un volumen mínimo, el intercambio gaseoso no está asegurado por lo que la hipoxia es más pasible de suceder.

c) Ventilación intermitente sincronizada por volumen o presión:

Este modo ventilatorio surge a partir de los modos controlados descritos anteriormente, con la diferencia de que en el momento en que el paciente realiza una inspiración, el ventilador apoya el ciclo ventilatorio iniciado. Esto evita el fenómeno de “apilamiento respiratorio” dado por la superposición de ciclos ventilatorios iniciados por el ventilador y respiraciones espontáneas realizadas por el paciente. Sus variantes controladas por volumen y por presión responden a los parámetros prefijados por el operador, los cuales asegurará el ventilador, de manera similar a la ventilación en modo controlado.

d) Ventilación con presión positiva al final de la espiración (CPAP):

Este modo ventilatorio deja a cargo del paciente la frecuencia, el volumen y la presión inspiratoria de la vía aérea. Garantiza una presión mínima positiva durante todo el ciclo respiratorio lo que permite mantener cierto grado de apertura de la vía aérea distal, evitando así el colapso alveolar y mejorando sustancialmente la dinámica respiratoria.

e) Ventilación con presión de soporte:

Este modo ventilatorio se diferencia del CPAP en que ejerce dos niveles de presión positiva sobre la vía aérea en diferentes momentos del ciclo respiratorio: una constante durante todo el mismo (como sucede en el CPAP) y una presión positiva más alta, que sirve de apoyo a la inspiración. Es decir, la presión basal se eleva con cada esfuerzo inspiratorio del paciente y luego desciende a su valor basal permitiendo la espiración. De esta manera soporta la fase inspiratoria e impide el colapso alveolar (5).

2.4. VILI

A pesar de los múltiples beneficios que derivan de la ventilación mecánica, existen complicaciones inherentes a ella que pueden producir o perpetuar el daño pulmonar y así aumentar la morbi mortalidad de los pacientes.

La lesión pulmonar inducida por ventilador (VILI por sus siglas en inglés) ocurre como consecuencia de tensiones y deformaciones excesivas aplicadas sobre el tejido pulmonar, afectando tanto la vía aérea como el fibroesqueleto y la microvascularización (6). La particularidad que tiene la VILI es que se trata de una patología originada únicamente a partir de la intervención médica sobre el aparato respiratorio, consecuencia de la interacción del pulmón con las variables ventilatorias (4).

Desde la introducción de la AVM se han intentado describir los distintos mecanismos etiopatogénicos implicados en el desarrollo de VILI con el fin de lograr estrategias de ventilación protectoras. El primer mecanismo lesional descrito fue el exceso de presión durante la ventilación mecánica(7). La aplicación de una presión positiva excesiva puede conducir a la sobredistensión y rotura alveolar, con producción de gas extraalveolar y desarrollo de barotrauma. Las repercusiones que surgen como consecuencia del barotrauma son variadas y pueden amenazar la vida del paciente. Es por esto que es fundamental optimizar las presiones pico y media de la vía aérea así como también la PEEP(5).

Sin embargo, no solo las presiones elevadas pueden conducir al desarrollo de VILI sino que también lo puede hacer el volumen generando volutrauma, entendiéndose éste como el estiramiento pulmonar excesivo con consiguiente ruptura de las distintas estructuras pulmonares. Esta sobredistensión surge a partir de la ventilación con un volumen corriente elevado el cual provoca lesión alveolar aguda y edema pulmonar.

Por otro lado, los ciclos sucesivos de colapso y reapertura de unidades alveolares conducen a atelectrauma siendo este último otro mecanismo involucrado en el desarrollo de VILI. La génesis de atelectrauma durante la ventilación se vincula a la utilización de bajos volúmenes inspiratorios y niveles de PEEP que no se adecuen a las necesidades del paciente.

La utilización de presiones y volúmenes inadecuados, así como el atelectrauma, desencadenan una respuesta inflamatoria local que incrementa aún más la lesión pulmonar inducida por el ventilador. Asimismo, los mediadores inflamatorios pueden pasar desde el tejido pulmonar hacia la circulación, afectar órganos a distancia y conducir al fallo multiorgánico. Esta cascada inflamatoria producida por una ventilación mecánica inadecuada se ha denominado biotrauma y es uno de los mecanismos etiopatogénicos involucrado en el desarrollo de VILI más recientemente descrito (7).

Además de las variables ventilatorias previamente mencionadas, se han descrito otros cofactores que intervienen en la generación de VILI como la FR(8), flujo y temperatura (6).

2.5. Mechanical Power

En la actualidad se intenta unificar la contribución de las distintas variables de la AVM en un solo parámetro denominado potencia mecánica o mechanical power (MP). Éste se define como la energía transferida desde el ventilador a las vías aéreas del paciente por unidad de tiempo, expresado en Joules por minuto (J/min), y explicaría el riesgo de desarrollo de VILI. De esta manera, cambios en diferentes variables ventilatorias que resulten en variaciones similares del MP generarían un daño similar sobre el parénquima pulmonar, independientemente de cuál es el factor que modificó el valor de MP. Como consecuencia, si se pudiera establecer un valor límite por sobre el cual se asegure un cierto aumento significativo del riesgo de desarrollo de VILI, el MP podría ser utilizado como elemento guía de ventilación protectora en la práctica clínica (9).

El MP toma en cuenta distintas variables que influyen sobre el sistema respiratorio durante la ventilación mecánica. La evidencia acumulada hasta el momento, apunta a que las variables presión,

flujo y volumen tienen similar injerencia sobre el MP, mientras que los cambios en la frecuencia respiratoria y la PEEP tienen una intervención menos marcada(9).

Existen múltiples maneras de calcular el MP, algunas de ellas utilizan modelos dinámicos mientras que otras utilizan modelos estáticos o de potencial. De éstas, tres son los métodos más utilizados. El primero se basa en el análisis de la curva Presión-Volumen cuasi-estático del sistema respiratorio. Este método, sin embargo, depende ampliamente de la técnica que se utilice para realizar la curva; por otra parte, la curva P-V no considera a la PEEP. Un segundo método se basa en pausas inspiratorias, sin tomar en cuenta al componente de resistencia del sistema respiratorio o a la PEEP. El tercer método para calcular el MP incluye a la PEEP y la resistencia aportada por el tubo endotraqueal, además de la resistencia dada por el parénquima (10). La siguiente es la ecuación propuesta por Gattinoni, *et al.* (4).

$$Power_{RS} = 0,098 \times RR \times \left\{ \Delta V^2 \times \left[\left(0,5 \times E_{RS} + RR \times \frac{(1 + I:E)}{60} \times I:E \times R_{aw} \right) + \Delta V \times PEEP \right] \right\}$$

Este método permite cuantificar la contribución de cada uno de los componentes al MP, siendo ventajoso para predecir los efectos de cada uno de ellos sobre éste a través de modelos teóricos reemplazando alguna de las variables mientras se mantienen el resto constantes. Sin embargo, este método no es utilizado ampliamente en la práctica clínica debido a la dificultad técnica que enmarca su realización(10).

Esta monografía se concibe a la luz de los hallazgos descritos hasta el momento relacionados con la prevención de la injuria pulmonar inducida por el ventilador y los parámetros en estudio que permitirían predecir su aparición. Para ello se realiza una investigación que se enmarca en la corriente de investigación que encabeza el MP para la prevención y predicción de la VILI.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad persisten diversas incógnitas en torno al MP a nivel mundial. Uno de los desafíos continúa siendo la normalización del MP a la situación de cada paciente(11), dado que existe gran cantidad de variables individuales que lo afectan. En relación a esto, tampoco se ha logrado determinar un valor umbral de MP para el desarrollo de VILI(10). También se continúa investigando sobre el peso relativo de cada variable en el desarrollo de VILI y la mortalidad que de ella se desprende(9).

Teniendo en cuenta estos aspectos y considerando tanto que el MP es dinámico como que la VILI es un fenómeno tiempo dependiente (12), estudiar la variación del MP durante la AVM es aproximarse a la posibilidad de su aplicación clínica en un seguimiento instantáneo. En este mismo sentido, analizar la relación entre los cambios de las variables ventilatorias y los cambios del MP podría permitir su ajuste a favor de reducir el trabajo recibido por los tejidos.

Por otra parte, si bien en la actualidad no existe un valor umbral de MP para el desarrollo de VILI, se ha demostrado que la permanencia en determinados rangos se asocia a un aumento en la mortalidad en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y cantidad de días en AVM. Es así que realizar la descripción del tiempo de permanencia por fuera de dichos límites conforma una primera aproximación a la calidad de la AVM realizada en la población de estudio.

Finalmente el presente trabajo constituirá un aporte significativo a la temática en nuestro país, ya que hasta la fecha no se cuenta con estudios publicados acerca del MP. A su vez, pretende ser el primer eslabón de próximas investigaciones a realizarse por la Cátedra de Cuidados Intensivos del Hospital de Clínicas.

4. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general

Realizar el seguimiento continuo del MP a lo largo de 24 horas en pacientes internados en la UCI del Hospital de Clínicas.

Objetivos específicos

1. Comparar el valor promedio del MP en la primera hora con el promedio de MP en 24 horas
2. Describir cambios en el MP en relación a modificaciones en las variables respiratorias de los pacientes.
3. Describir el tiempo de permanencia en distintos rangos de MP para cada paciente.
4. Consolidar una línea de trabajo orientada a definir el comportamiento de las variables en la AVM para su aplicación en la ventilación protectora.

5. METODOLOGÍA

5.1.1. Diseño de estudio

El estudio es observacional descriptivo y retrospectivo. Se eligió un estudio observacional descriptivo porque es el diseño que más se ajusta a los objetivos de la investigación. A su vez debido a la emergencia sanitaria (pandemia por SARS-CoV2) no se realizarán intervenciones experimentales en las salas de internación.

El carácter retrospectivo del estudio se sustenta en la imposibilidad de obtener nuevos datos debido a la emergencia sanitaria actual, derivando en la utilización de una muestra obtenida previamente.

5.1.2. Alcances y limitaciones

El estudio cuenta con algunas limitaciones, una de ellas es el número reducido de pacientes con el que se trabajará, que surge de la situación sanitaria actual y del laborioso método de recolección de datos.

Los datos obtenidos podrán compararse mediante tests estadísticos solamente con los valores obtenidos del mismo individuo, no así entre ellos. Esta limitación surge no solamente del diseño de estudio, sino también de las características de la variable estudiada. A su vez, la investigación se limita a la observación de los cambios del MP en relación a modificaciones en las variables ventilatorias, no permitiendo obtener conclusiones significativas sobre los cambios asociados a la patología del paciente. De todas formas, sí se intentará definir el comportamiento de ciertas variables involucradas en el MP.

5.2.1. Descripción de la población de estudio

La población de este estudio serán pacientes en AVM. La muestra consta de 13 pacientes en AVM de la UCI del Hospital de Clínicas en el período comprendido entre el 1 de junio del 2019 y 30 de diciembre del 2019.

El tamaño de la muestra está regido por necesidad dada la situación sanitaria del corriente año y la dificultad que ésta determinó en la recolección de datos.

Se definirán diferentes grupos de pacientes según los hallazgos en la radiografía de tórax. De esta forma quedarán conformados 3 grupos:

1. Pacientes sin patología pulmonar
2. Pacientes con patología pulmonar simétrica
3. Pacientes con patología pulmonar asimétrica

5.2.2. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

1. Pacientes hospitalizados en UCI del Hospital de Clínicas
2. Mayores de 18 años
3. Requerimiento de al menos 24 horas de AVM
4. Pacientes en las primeras 72 horas de su ingreso a la UCI

Criterios de exclusión

1. Pacientes recibiendo AVM por menos de 6 horas
2. Pacientes recibiendo AVM a través de traqueostomía o intubación nasotraqueal
3. No autorización por parte del familiar o tutor

4. Contraindicaciones para el ingreso del equipo a realizar la filmación

5.3. Definición de las variables

Las variables a relevar serán: presiones, volúmenes, flujo suministrado, FR y relación inspiración:expiración (I:E). Las presiones consideradas serán: presión meseta, PEEP y driving pressure. Dichas variables serán obtenidas a partir del video registro de los monitores de AVM y son todas variables cuantitativas continuas. A su vez, se realizará el cálculo de MP, variable central del estudio.

Otro dato que será considerado es la radiografía de tórax de cada paciente tomada al ingreso a UCI, a partir de la cual se definirán tres categorías de la variable cualitativa patología pulmonar: sin patología pulmonar, con patología simétrica, con patología asimétrica.

5.4. Técnicas para la recolección de datos

Los registros de los monitores fueron obtenidos a partir de la filmación de los mismos. Posteriormente las variables fueron recolectadas reproduciendo los videos y recogidas en una tabla de datos Excel. El cálculo del MP se realizó cada 15 minutos utilizando las variables presión, VT, FR, PEEP y relación I:E.

El trabajo fue compartimentalizado de forma que se garantizó que las personas encargadas de grabar los monitores fueran distintas que las que analizarán los videos.

5.5. Normas éticas

La investigación fue aprobada según la normativa vigente por el Comité de Ética de la Investigación del Hospital de Clínicas y por la Comisión Nacional de Ética de la Investigación.

Dada la situación clínica de los pacientes participantes, los familiares o tutores de los mismos fueron informados sobre la finalidad de la investigación. Quienes estuvieron de acuerdo en participar firmaron un consentimiento informado por escrito.

Las identidades de los participantes fueron anonimizadas de forma reversible asignándoles un número identificador a cada uno. Los datos personales fueron protegidos cumpliendo con lo establecido en la Ley 18.331 sobre protección de datos personales y acción de “Habeas Data”(13).

6. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos recogidos fueron ingresados en planillas de datos Excel y Prisma GraphPad, con los que se obtuvieron medias y desvíos estándar de las variables ventilatorias, MP en las 24 horas (MP_{24h}), y MP en la primera hora (MP_{1h}) de cada paciente. En el análisis cuantitativo de los datos se compararon estadísticamente las medias de los MP_{1h} y MP_{24h} mediante Test de Student para muestras

independientes(14). A continuación se utilizó nuevamente Prisma GraphPad para obtener los coeficientes de variación del MP de cada paciente y valorar así el comportamiento del MP a lo largo de las 24 horas.

Los datos obtenidos también fueron organizados en grupos a partir de las radiografías de tórax, las cuales se analizaron cualitativamente a través de un score radiográfico utilizado en pacientes críticos (15). El análisis consiste en la división de la radiografía a través de dos ejes, uno longitudinal que atraviesa el mediastino (define los hemicampos derecho e izquierdo) y un eje transversal que pasa por la carina y define cuatro cuadrantes: superior derecho, superior izquierdo, inferior derecho e inferior izquierdo. Posteriormente a cada cuadrante se le asigna un valor entre 0 y 4 según el grado de alteración radiológica y se compara en ambos hemicampos. A través de este análisis se definieron 3 grupos de pacientes: sin patología pulmonar, con patología asimétrica y patología simétrica.

Se establecieron rangos objetivos de MP para cada grupo definido con el fin de llevar a cabo su análisis cuantitativo: <17 J/min en el grupo de pacientes sin patología pulmonar y <12 J/min en pacientes con patología pulmonar simétrica o asimétrica. Para seleccionar estos puntos de corte se utilizaron resultados de estudios previos que demostraron que aquellos pacientes con un MP menor o igual a 12 J/min en sus primeras 24hs de AVM presentan una mejor supervivencia (9). Por otra parte, también se demostró que un valor de MP mayor a 17 J/min se relaciona con un aumento de la mortalidad en la UCI. (9). La diferencia en los puntos de corte utilizados para los distintos grupos se sustenta en que si bien todos los pacientes deben ser protegidos de la VILI, la distribución del trabajo mecánico difiere según las condiciones clínicas del paciente (12). De esta manera se permitió para todos los pacientes un valor máximo de 17 J/min, dado que a partir de allí aumenta significativamente la mortalidad (9). Para aquellos pacientes sobre los que existía patología pulmonar asimétrica, se consideraron óptimos valores por debajo de 12 J/min ya que la carga mecánica ejercida se distribuye de manera desigual y no se puede conocer con exactitud. Lo mismo se aplicó para pacientes con patología pulmonar simétrica debido a que, al ser pulmones dañados, se busca que reciban menor estrés mecánico.

Una vez definidos los grupos y sus respectivos rangos objetivos de MP, se utilizó el

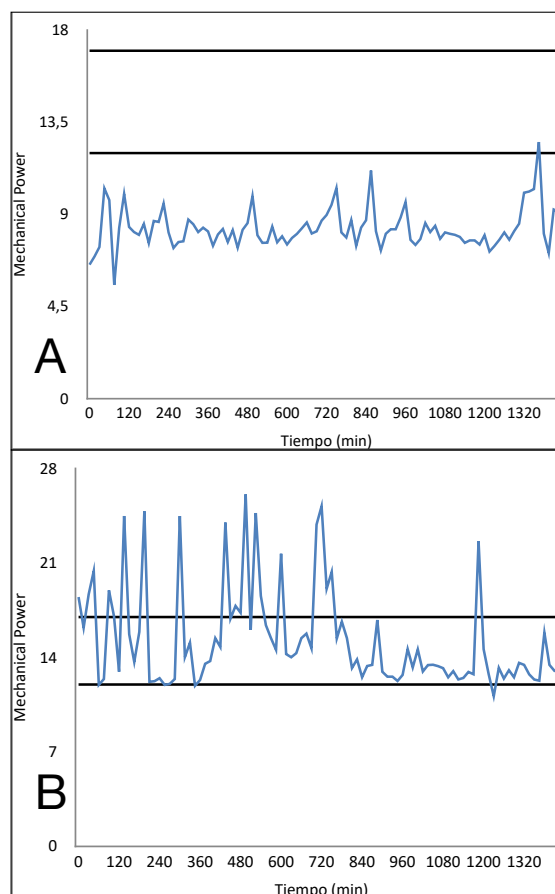


Figura 1. Gráficas de MP función del tiempo para cada paciente por 24 horas. Se puede apreciar la gran disparidad en el trabajo mecánico recibido por cada uno durante su AVM. **A**, paciente 6. **B**, paciente 8.

lenguaje de programación Python para determinar tres segmentos en el MP de cada paciente, según éste fuera ≤ 12 J/min, entre 13 J/min y 17 J/min y >17 J/min. Los resultados de cada segmento fueron obtenidos en porcentaje de tiempo. Posteriormente se analizó el porcentaje del tiempo que los pacientes permanecían por encima de rangos de MP objetivos. Por otro lado, se analizaron las variables ventilatorias que determinaron el MP en cada rango por medio del coeficiente de correlación y aumentos en dichos rangos.

7. RESULTADOS

7.1. Seguimiento del MP en las 24hs

Se analizaron 312 horas de ventilación mecánica correspondientes al registro de 24 horas de los 13 pacientes estudiados. Se registraron los valores de MP cada 15 minutos obteniéndose así un total de 96 valores para cada paciente durante las 24 horas de registro, exceptuando los pacientes 1, 2, 9, 12 y 15. Éstos tuvieron menor cantidad de mediciones por fallas en la toma del registro. Los datos se presentan graficados en función del tiempo (Figura 1; Anexo).

Se calculó el promedio del MP_{1h} y del MP_{24h} y se compararon mediante un test de Student para muestras independientes; la diferencia no fue significativa en la mayoría de los pacientes ($\alpha=5\%$). Para completar el análisis se calculó el coeficiente de variación del MP_{24h} que refleja el grado de heterogeneidad del MP a lo largo del registro. Estos datos se presentan en la Tabla 1.

Paciente	MP _{1h} (J/min) \pm DE	MP _{24h} (J/min) \pm DE	Valor P	Coef. Variación (%)
1	9,81 \pm 0,39	8,44 \pm 1,07	0,004	12,72
2	11,77 \pm 1,62	12,34 \pm 1,59	0,4	12,84
3	16,97 \pm 0,53	18,17 \pm 3,62	0,4	19,91
4	8,05 \pm 0,47	7,51 \pm 1,50	0,4	19,95
6	8,18 \pm 1,69	8,31 \pm 0,96	0,7	11,53
7	9,46 \pm 1,20	9,51 \pm 1,93	0,9	20,28
8	17,15 \pm 3,25	15,29 \pm 3,67	0,2	24,06
9	8,96 \pm 0,51	7,92 \pm 1,81	0,19	22,70
11	12,52 \pm 2,07	24,1 \pm 5,11	2,9	21,10
12	8,69 \pm 0,28	8,05 \pm 1,20	0,2	14,92
13	14,77 \pm 3,68	15,03 \pm 2,84	0,8	18,99
14	19,08 \pm 0,05	19,29 \pm 2,83	0,87	14,56
15	7,08 \pm 1,01	11,99 \pm 3,53	0,6	41,90

Tabla 1. Promedio de MP en la primera hora (MP_{1h}), desvío estándar (DE), promedio de MP en 24 horas (MP_{24h}), valor p para α 0,05.

7.2. Verificación de la correlación entre las variables ventilatorias y el MP

Se determinaron los coeficientes de correlación entre el MP y las variables FR, VT y PEEP para cada uno de los pacientes. En todos los casos se obtuvieron coeficientes altos, entre 0,68 y 0,97. Tabla 2.

7.3. Relación entre MP y variables

Fueron graficados los datos normalizados de MP y de las tres variables mencionadas para cada paciente. En la figura 2 se puede ver un ejemplo de estas gráficas unificadas (ver anexo para el resto de las gráficas). A su vez, se calculó el coeficiente de correlación para las variaciones de MP (ΔMP) con las variaciones de cada variable (ΔFR , ΔVT y $\Delta PEEP$) y se calculó el porcentaje de veces en el que cada variable se encontraba en ascenso cuando el MP aumentó por encima de 17 J/min.

En cuanto a los aumentos de MP por encima del límite establecido de 17 J/min, se observó que en la mayoría de los pacientes (cuatro de los siete en los que se superó el umbral) la variable que más veces se encontraba en aumento junto al MP fue el VT. En segundo lugar se ubicó la FR con el mayor porcentaje en 2 pacientes. En el caso del paciente 11 se dio que el 100% de las veces estuvieron en aumento tanto el VT como la FR. Por su parte, la PEEP no fue primera en ningún caso, habiendo mostrado aumentos a la vez que se superó el límite de MP solo en dos pacientes. Se realizó el mismo cálculo para los pacientes que tuvieron como límite objetivo un MP de 12 J/min. En estos casos, también fue predominante el aumento del VT, el cual fue la variable con mayor porcentaje en cuatro pacientes. Para el paciente 3, el cual estuvo siempre por encima de 12 J/min, se calculó el porcentaje

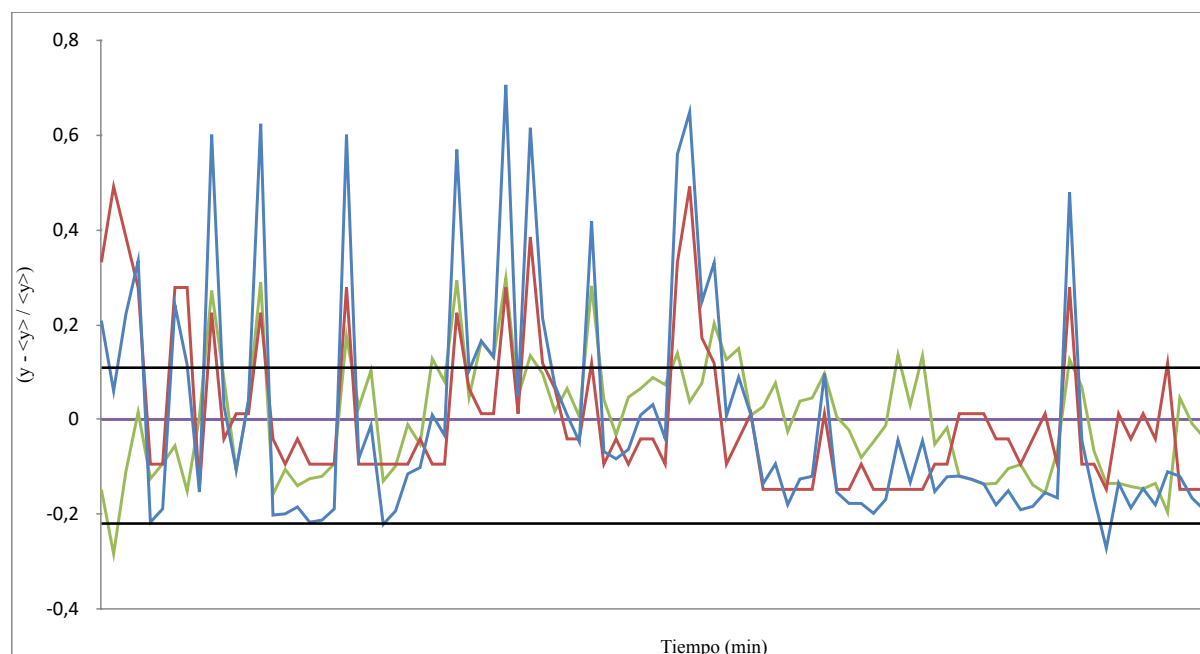


Figura 2. Variable normalizada, $(y - \langle y \rangle / \langle \sigma y \rangle)$, donde "y" representa cada variable e " $\langle y \rangle$ " su promedio, MP (azul), VT (verde), FR (rojo) y PEEP (violeta) en función de tiempo. Se puede ver como los cambios en las variables ventilatorias acompañan los cambios en el MP. Se muestran los valores límite normalizados 17 J/min y 12J/min de MP; líneas negras superior e inferior respectivamente. Paciente 8.

	CC MP-FR	CC MP-VT	CC MP-PEEP	CC Δ MP - Δ FR	CC Δ MP- Δ VT	CC Δ MP- Δ PEEP	FR % >17	VT % >17	PEEP % >17	FR % >12	VT % >12	PEEP % >12
1	0,887	0,938	0,885	0,440	0,656	0,421	-	-	-	-	-	-
2	0,894	0,922	0,884	0,729	0,857	0,390	-	-	-	52,38	90,5	4,76
3	0,921	0,861	0,873	0,426	0,747	0,586	42,8	71,4	0	-	-	-
4	0,909	0,891	0,779	0,590	0,753	0,433	-	-	-	-	-	-
6	0,931	0,971	0,927	0,724	0,883	0,573	-	-	-	100	100	0
7	0,756	0,768	0,834	0,547	0,156	0,038	100	0	0	100	66,7	0
8	0,935	0,895	0,802	0,863	0,753	0,289	81,8	100	0	25	75	0
9	0,704	0,879	0,846	0,147	0,866	0,515	-	-	-	-	-	-
11	0,895	0,948	0,818	0,818	0,832	0,723	100	100	0	100	100	0
12	0,811	0,927	0,909	-0,120	0,765	0,439	-	-	-	0	100	0
13	0,688	0,762	0,852	0,201	0,813	0,682	28,57	100	0	25	100	0
14	0,946	0,929	0,913	0,761	0,857	0,369	66,67	88,9	11,11	-	-	-
15	0,042	0,996	0,191	-0,089	0,996	0,030	100	50	50	85,71	85,7	42,86

Tabla 2. Coeficiente de correlación (CC). Las primeras tres columnas muestran el coeficiente de correlación entre el MP y las tres variables FR, PEEP y VT. En las siguientes tres columnas se ve el CC entre la variación de MP y la variación de cada variable (Δ MP, Δ FR, Δ VT, Δ PEEP). Las últimas seis filas muestran, en porcentaje, las veces que aumentaron las variables cuando MP superó 17 y 12 J/min. Los casos en los que no se superó el umbral, ya sea porque el MP siempre fue superior o porque nunca lo alcanzó, se designaron con un guión (-).

de veces que aumentó cada variable junto al MP cuando éste se encontraba entre 12 y 17 J/min. El paciente 14 también se mantuvo con un MP mayor a 12 J/min, pero en ese caso no se registraron aumentos entre 12 y 17 J/min. Por lo tanto, se consideró el análisis ya realizado para el umbral de 17 J/min. Tabla 2.

7.4. MP objetivo según categoría clínica

Se realizó la clasificación de los pacientes en 3 grupos según las radiografías de tórax (simétrica, asimétrica, normal). Figura 3.

Se calculó el porcentaje del tiempo que cada paciente estuvo ventilado con valores de MP ≤ 12 J/min; $\geq 13 - \leq 17$ J/min; > 17 J/min. Se observó que en el grupo de pacientes con patología simétrica el 37,5% estuvo ventilado más del 50% del tiempo fuera del rango objetivo. En el total de las observaciones el 46% se mantuvo más del 50% del tiempo fuera del rango objetivo. Tabla 3.

8. DISCUSIÓN

Se logró una mejoría sustancial en el método de recolección y procesamiento de datos de las variables ventilatorias dinámicas respecto a lo realizado en estudios anteriores en nuestro medio (16).

Paciente	Patología pulmonar	Tiempo (%) ≤ 12 (J/min)	Tiempo (%) 13-17(J/min)	Tiempo (%) > 17 (J/min)	Tiempo (%) en objetivo
1	Simétrica	100	0	0	100
2	Simétrica	43,8	56,2	0	43,8%
3	Simétrica	0	64,6	35,4	0
4	Simétrica	100	0	0	100
6	Normal	99	1	0	99
7	Simétrica	95,8	3,1	1	95,8
8	Asimétrica	4,2	75	20,8	79,2
9	Simétrica	100	0	0	100
11	Asimétrica	6,2	3,1	90,6	9,3
12	Asimétrica	96,9	3,1	0	100
13	Simétrica	8,3	72,9	18,8	8,3
14	Normal	0	12,5	87,5	12,5
15	Simétrica	90,6	5,2	4,2	95,8

Tabla 3



Figura 3. Radiografías de tórax representativas de los grupos con radiología: **A**, normal; **B**, bilateral; **C**, asimétrica.

Además, se obtuvieron por primera vez curvas dinámicas de MP en 24 horas de registro analizadas.

Como primera aproximación, el contraste realizado entre el promedio de MP en la primera hora con el del MP en 24 horas, arrojó que sólo en un 7% (1 paciente) existía una diferencia significativa entre ambos datos. No obstante, al obtener los coeficientes de variación del MP en 24 horas, se identificó que se encontraban en el rango 12,72% - 41,90%. Esto último demuestra la naturaleza dinámica del MP y la importancia de realizar un seguimiento continuo del mismo para estimar con mayor certeza la probabilidad de desarrollo de VILI y así prevenirla.

Adicionalmente, se comenzó a avanzar en la determinación de cuáles son las variables que participan en modificar el MP. Teniendo en cuenta que existen otros múltiples factores, se identificaron tres variables a analizar: FR, VT y PEEP. Es así que se estudió la correlación entre ellas con el MP obteniéndose coeficientes de correlación altos para las tres variables, lo cual es coherente con el modelo planteado por Gattinoni *et al.* (4).

A partir del análisis de las gráficas normalizadas de MP, FR, VT Y PEEP, y de los coeficientes de correlación entre las variables, se evidenciaron sinergias y balances entre las mismas. Este es el caso de los pacientes 2 y 8, en los cuales se observó una variación sinérgica de las tres variables, especialmente la FR y PEEP, con el MP. Esto se corroboró calculando los coeficientes de correlación para las variables entre sí, los cuales en la gran mayoría de los casos fueron elevados (ver anexo). Por otro lado, en los pacientes 12 y 13 se observaron balances entre VT y FR (ver anexo).

Los resultados arrojados muestran un predominio de aumento de VT y FR al cruzar el umbral de MP, lo cual coincide con lo reportado por otros autores (17,11). De todas maneras, debe tenerse en cuenta que la PEEP presenta limitantes para su interpretación en este análisis. Por un lado, es la variable con la que se cuentan menores datos de variación ya que permanece constante tras ser determinada con el ajuste inicial del ventilador. Además, es una variable totalmente dependiente del ventilador de forma que no se ve afectada por el esfuerzo respiratorio o situación clínica del paciente. Por otro lado, este estudio se restringió al análisis de la correlación entre los aumentos MP y los aumentos en la PEEP debido a que se analizaron únicamente situaciones

en las que aumentaría el riesgo de VILI. Es así que no se tuvo en cuenta la relación entre el decremento de la PEEP y aumento del MP, ni del aumento de la PEEP y la disminución del MP. En esto sería importante ahondar en futuras investigaciones, dada la estrecha relación entre la curva presión-volumen pulmonar y el efecto que tiene la PEEP sobre el trabajo mecánico. En relación a esto, la PEEP es un amortiguador del trabajo mecánico en el primer sector de la curva volumen-presión, mientras que en la última porción su aumento provoca sobredistensión alveolar y con ello un consecuente incremento de la carga mecánica(18,12).

En cuanto al análisis por grupos de patología pulmonar se observó que el 46% se mantuvo más del 50% del tiempo fuera del rango objetivo. Si bien esto configura una primera aproximación a la calidad de la AVM brindada, caben destacar ciertas limitaciones para su interpretación. En primer lugar, fueron utilizados como referencia estudios que determinaron objetivos de MP para grupos específicos y se aplicaron en grupos heterogéneos de pacientes. Por otro lado, en este estudio se trabajó con un tamaño muestral reducido que impide hacer inferencias sobre la población. A su vez el trabajo mecánico es altamente dependiente de los esfuerzos ventilatorios del paciente y de consideraciones clínicas que exceden los propósitos de esta investigación.

Si bien los datos obtenidos constituyen un avance sobre el estudio del MP dinámico en nuestro país, se contó con numerosas restricciones derivadas de la situación epidemiológica actual. Únicamente se logró el acceso al video registro e historia clínica de cada paciente no pudiendo establecer contacto directo con los mismos a fin de definir su situación clínica de manera más precisa. Respondiendo a la misma limitación, tampoco se pudo indagar si corrigiendo alguna de las variables que se identificaron como influyentes en la determinación del MP, se lograba llevarlo al rango objetivo.

9. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La AVM ha sido objeto de numerosos estudios, recientemente se ha desarrollado el concepto de MP como una nueva herramienta para la mejoría de su uso en la práctica clínica. El presente estudio partió del análisis de una ecuación compleja con múltiples componentes y logró obtener datos dinámicos precisos en un grupo heterogéneo de pacientes ventilados. A través de esto se reafirmó no solo la utilidad, sino la necesidad, de estudiar en profundidad el comportamiento del MP y la relación entre las variables que lo determinan. Esto es fundamental para lograr su aplicación clínica en vistas a establecer estrategias de ventilación protectora.

Finalmente, se concluye que si bien es posible realizar el seguimiento del MP a lo largo de las 24 horas de AVM, debe trabajarse en el perfeccionamiento de los métodos de registro y agilizar así la obtención de las variables. También se desprende de este estudio que realizar un seguimiento continuo del MP parece ser fundamental, dada la gran variabilidad que éste tuvo a lo largo del registro. Así mismo, los resultados sobre la relación entre las distintas variables apoyan los obtenidos en otras investigaciones.

En esta investigación se avanzó en el análisis del MP en pacientes críticos, cumpliéndose así los objetivos planteados a pesar de la pandemia. Se propone aumentar el tamaño muestral en subsiguientes investigaciones para poder realizar inferencias sobre la población estudiada, a partir de lo cual se podría comenzar a ahondar en la relación entre el MP y la patología pulmonar. A su vez se podrá introducir cambios en las variables ventilatorias a fin de generar modificaciones protectoras en el MP. Esto responde al cumplimiento de uno de los objetivos finales de esta investigación: consolidar una línea de trabajo de estudio sobre el MP dinámico en pacientes en AVM.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cingolini H, Houssay A. Fisiología Humana de Houssay. In: Ateneo, editor. 7° edición. Buenos Aires, Argentina; 2000. p. 389–405.
2. West J, Colaboradores. Best y Taylor Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. In: Panamericana M, editor. 12°. Buenos Aires, Argentina; 1995. p. 677–98.
3. Walter F. Boron ELB. Fisiología médica. In: ELSEVIER, editor. 3° edición. Barcelona: ELSEVIER; 2017.
4. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Medicine*. 2016 Oct 1;42(10):1567–75.
5. Ramos Gómez L, Benito Vales S. Fundamentos de la ventilación mecánica. 1°er. Books MM, editor. Valencia, España; 2012. 253.
6. Cressoni M, Gotti M, Chiurazzi C, Massari D, Algieri I, Amini M, et al. Mechanical power and development of ventilator-induced lung injury. *Anesthesiology*. 2016 May 1;124(5):1100–8.
7. Tonetti T, Vasques F, Rapetti F, Maiolo G, Collino F, Romitti F, et al. A driving pressure and mechanical power: New targets for VILI prevention. Vol. 5, *Annals of Translational Medicine*. AME Publishing Company; 2017.
8. Gattinoni L, Marini JJ, Collino F, Maiolo G, Rapetti F, Tonetti T, et al. The future of mechanical ventilation: Lessons from the present and the past. Vol. 21, *Critical Care*. BioMed Central Ltd.; 2017.
9. Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW, Bos LD, Amorim P, Pereira SM, et al. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Medicine*. 2018 Nov 1;44(11):1914–22.
10. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Power to mechanical power to minimize ventilator-induced lung injury? *Intensive Care Medicine Experimental*. 2019 Jul;7(S1).
11. Giosa L, Busana M, Pasticci I, Bonifazi M, Macri MM, Romitti F, et al. Mechanical power at a glance: a simple surrogate for volume-controlled ventilation. *Intensive Care Medicine Experimental*. 2019;7(1).
12. Modesto i Alapont V, Aguar Carrascosa M, Medina Villanueva A. Clinical implications of the rheological theory in the prevention of ventilator-induced lung injury. Is mechanical power the solution? *Medicina Intensiva*. 2019 Aug 1;43(6):373–81.
13. Ley de protección de datos personales [Internet]. Uruguay; 2008. Available from: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18331-2008>
14. Aguizarrezabal X, Rafael A, Cáceres R, Gil J, Gómez J, Gotta I, et al. Estadística Médica. In: Oficina del Libro F, editor. Primera ed. Montevideo, Uruguay; 2004. p. 229–38.

15. Mason SE, Dieffenbach PB, Englert JA, Rogers AA, Massaro AF, Fredenburgh LE, et al. Semi-quantitative visual assessment of chest radiography is associated with clinical outcomes in critically ill patients. *Respiratory Research*. 2019 Oct 12;20(1):218.
16. García M, Garguillo D, Gutiérrez R, Magnoni M, Rodríguez F, Umpierrez A. Monitorización de la Asistencia Ventilatoria Mecánica en pacientes ventilados en el Centro de Tratamiento Intensivo del piso 14 del Hospital de Clínicas durante Junio-Agosto de 2018. 2018.
17. Gómez RJI, Monares ZE, González CBG, et al. Determinación del poder mecánico en pacientes en ventilación mecánica invasiva en modalidad espontánea. *Med Crit*. 2018;32(1):20-26.
18. Miller R, Eriksson L, Fleisher L, Werner-Kronish J, Cohen N. Miller. *Anestesia*. In: Elsevier, editor. 8th ed. Barcelona, España; 2015. p. 444–71.

11. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar nos gustaría agradecer a los pacientes y sus familiares por permitirnos integrarlos en la realización de este estudio que, de lo contrario, no hubiera sido posible ser llevado a cabo.

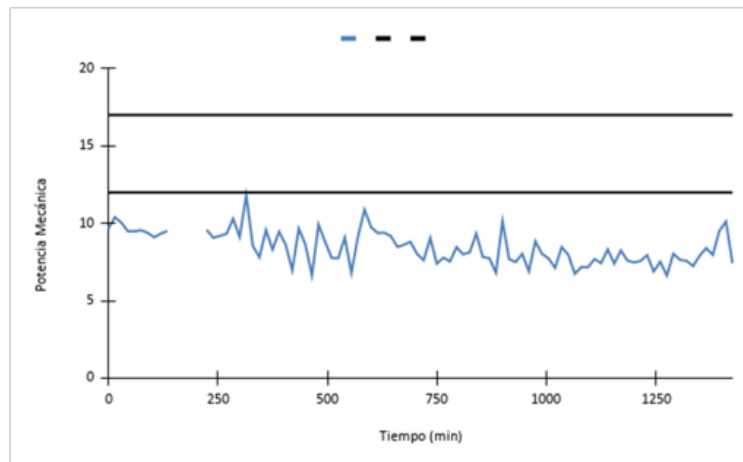
Agradecemos también a los integrantes de la Cátedra de Medicina Intensiva del Hospital de Clínicas por su colaboración en la obtención de los video registros fundamentales para la realización de esta investigación.

Al Dr. Maximiliano Isi, PhD por su apoyo en los aspectos de programación.

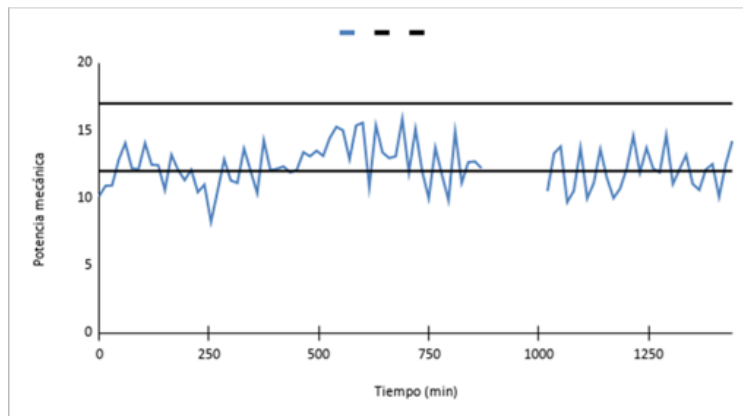
Finalmente, agradecemos a nuestro orientador, el Dr. Arturo Briva por su guía y dedicación durante las distintas etapas de la investigación.

12. ANEXOS

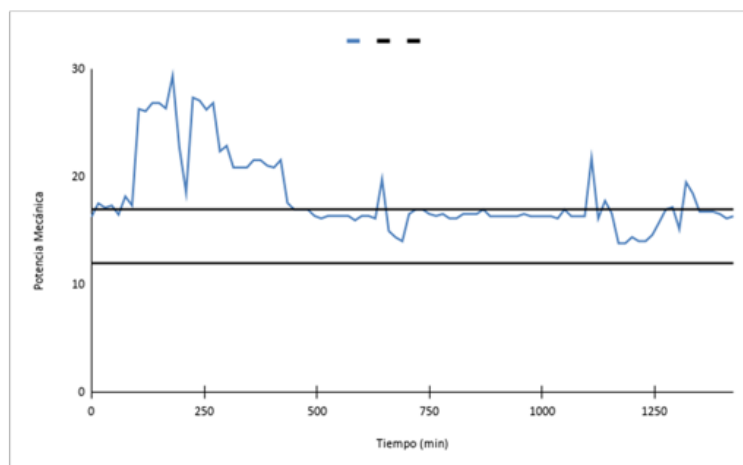
Anexo I. Gráficos del Mechanical Power en 24hs para cada paciente



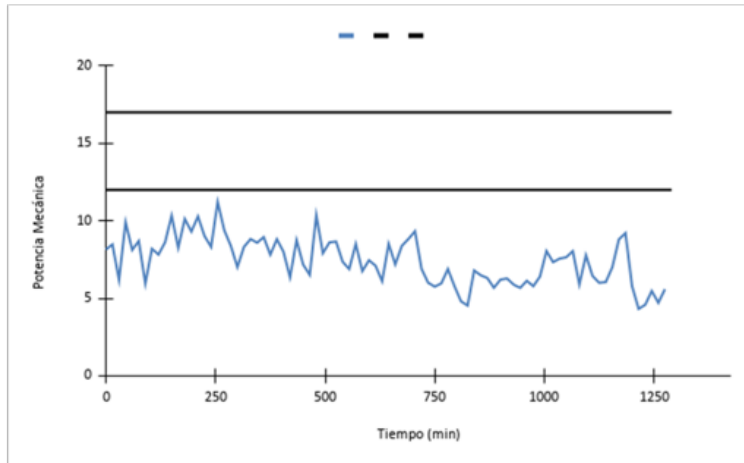
Paciente 1. Nótese que en el intervalo de 150 minutos a 210 minutos, no existe registro.



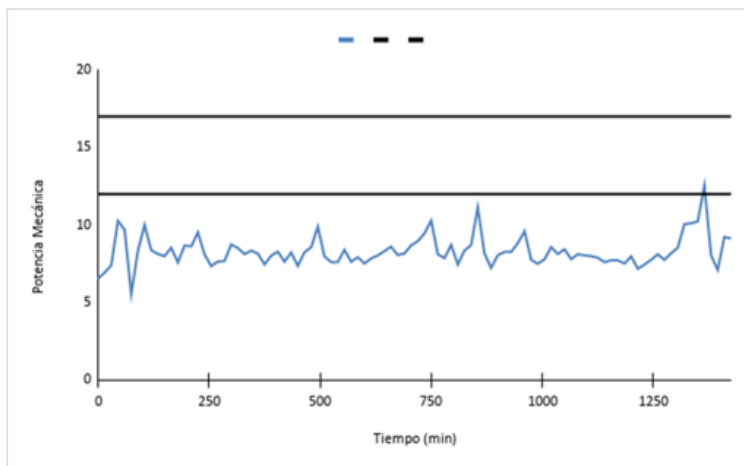
Paciente 2. Nótese que en el intervalo de 885 minutos a 1005 minutos, no existe registro.



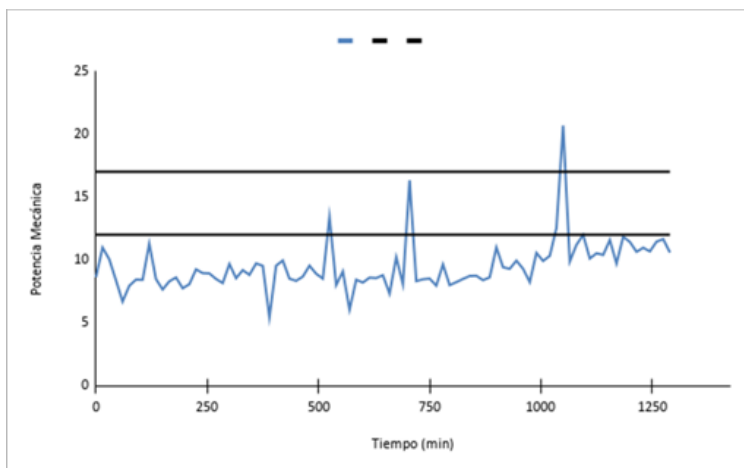
Paciente 3.



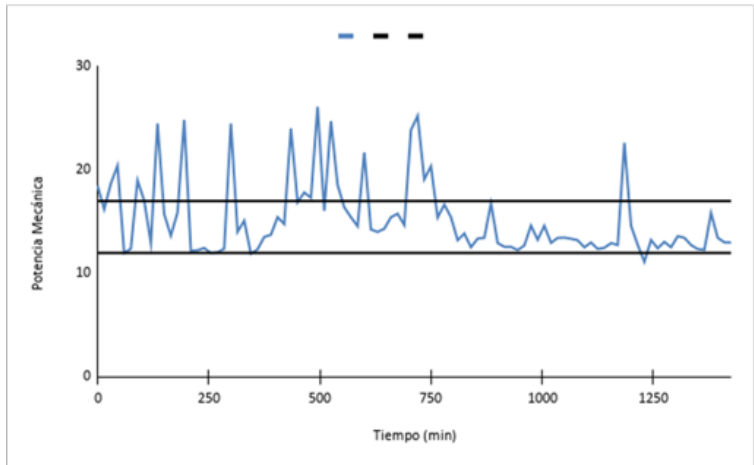
Paciente 4.



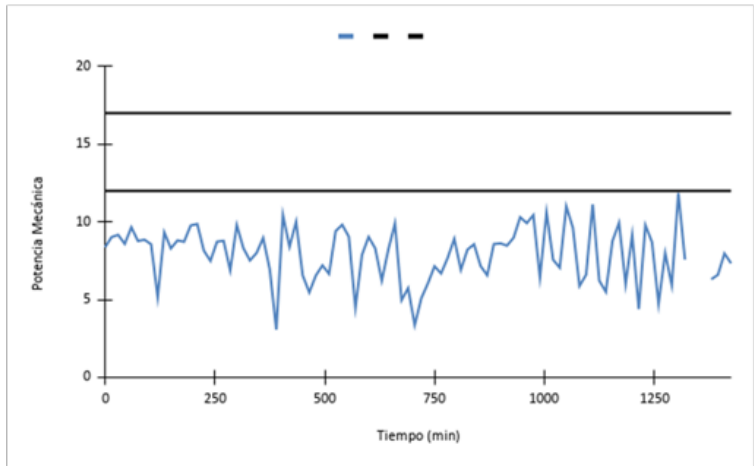
Paciente 6.



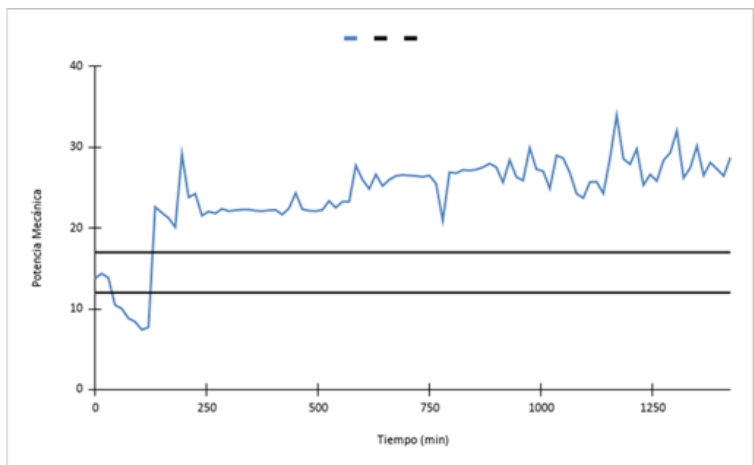
Paciente 7.



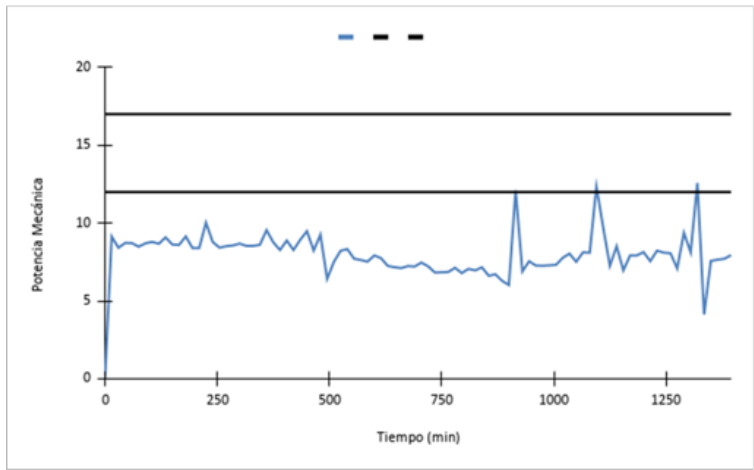
Paciente 8.



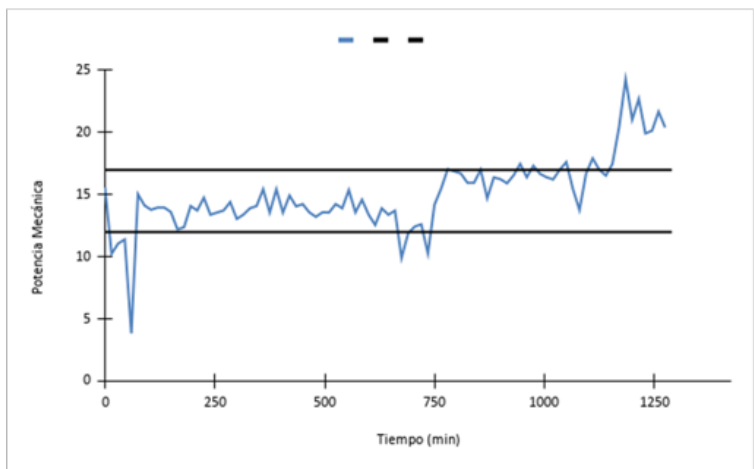
Paciente 9. Nótese que en el intervalo de 1335 minutos a 1365 minutos, no existe registro.



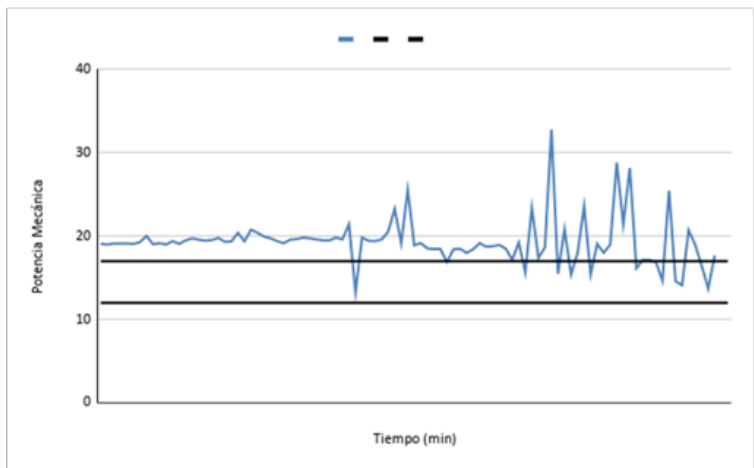
Paciente 11.



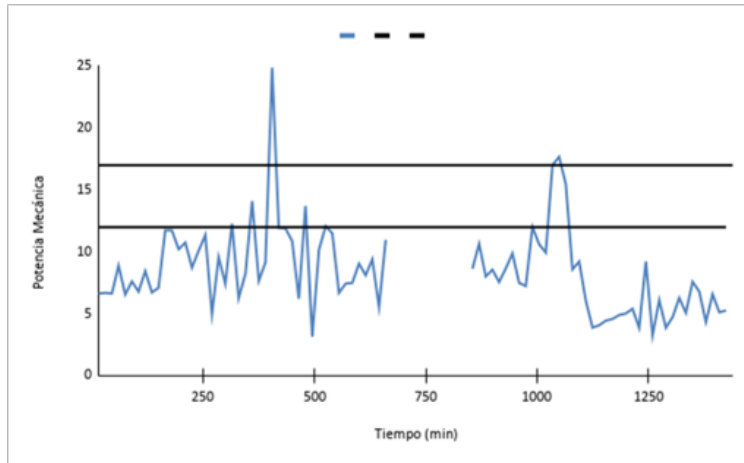
Paciente 12.



Paciente 13.

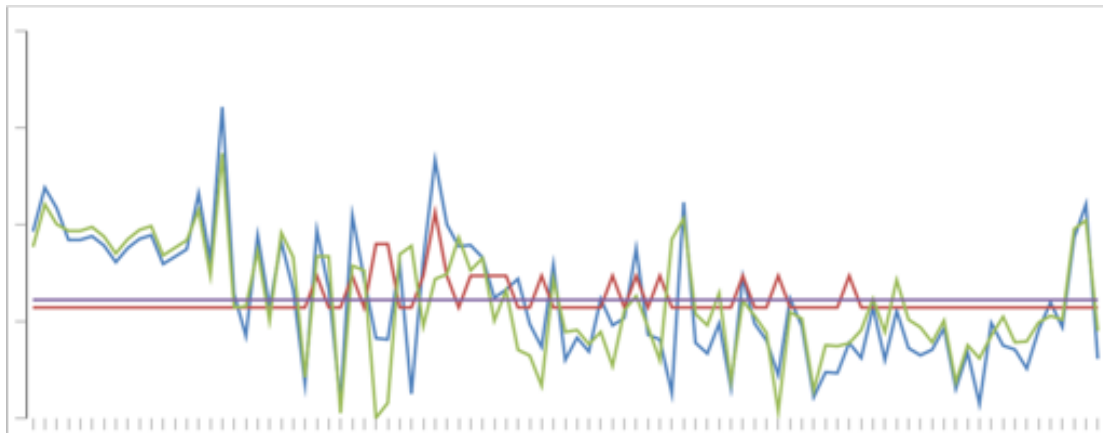


Paciente 14.



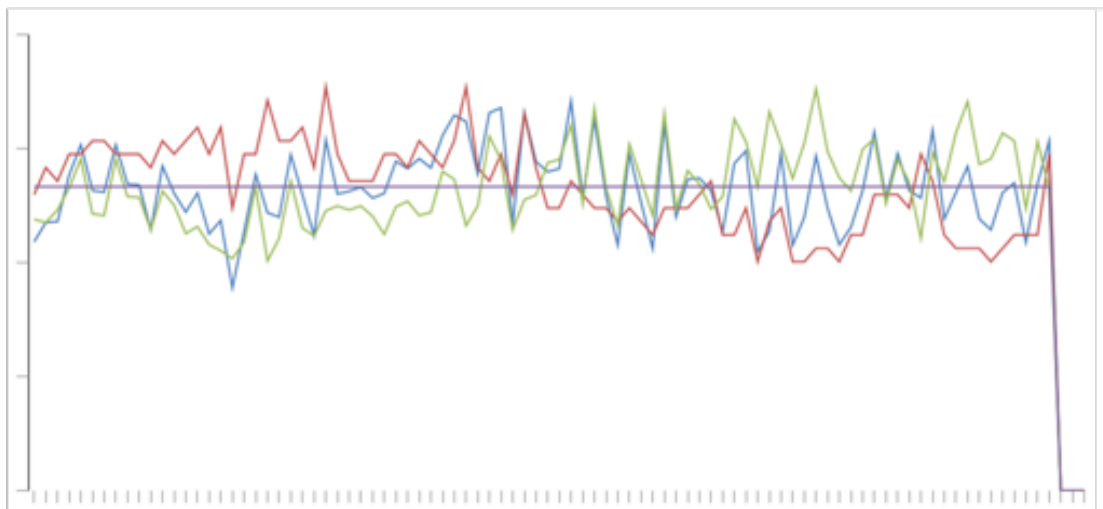
Paciente 15. Nótese que en el intervalo de 660 minutos a 855 minutos, no existe registro.

Anexo II. Gráficos del Mechanical Power en 24hs - Valores Normalizados.



Paciente 1.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



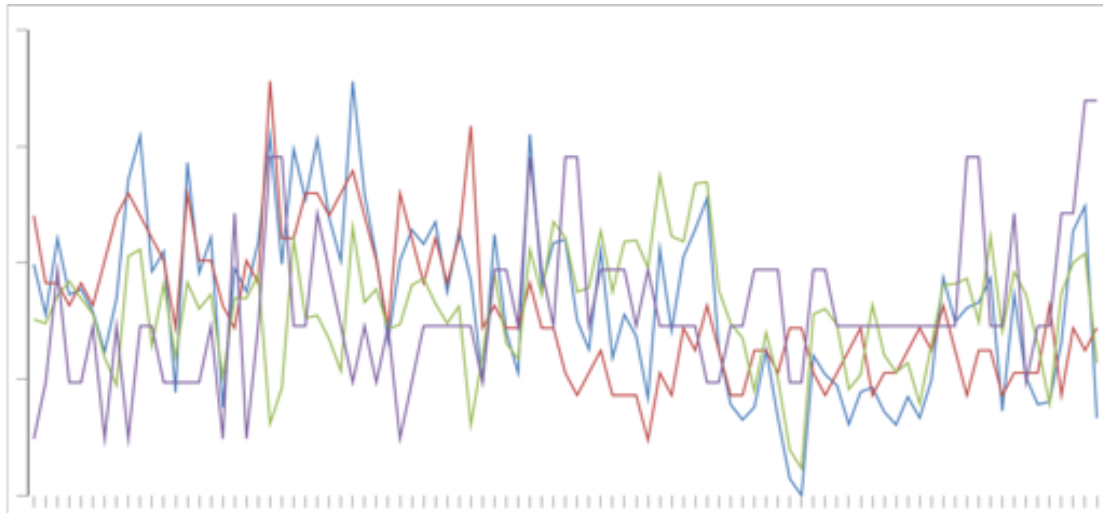
Paciente 2.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



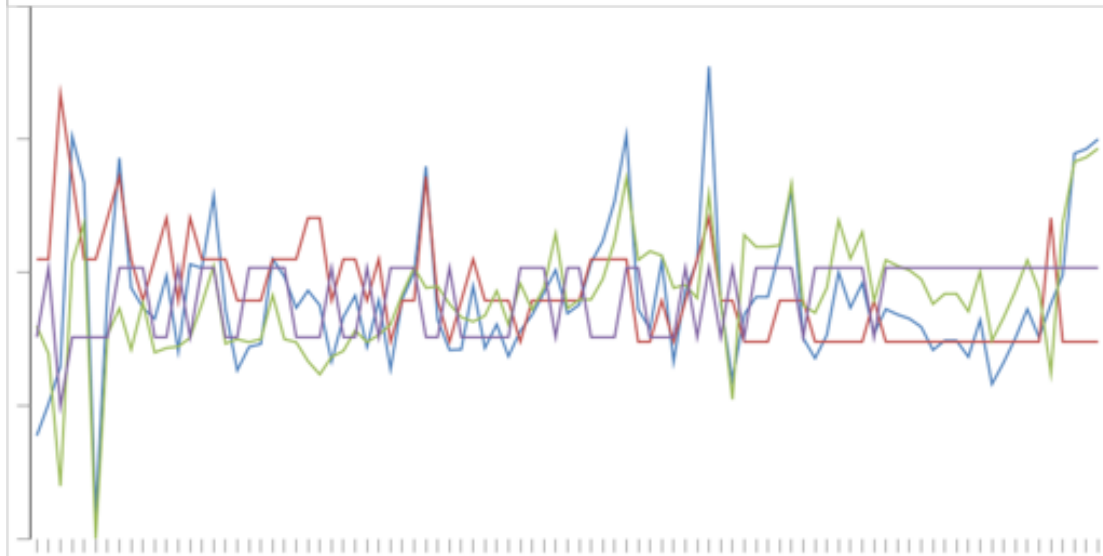
Paciente 3.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



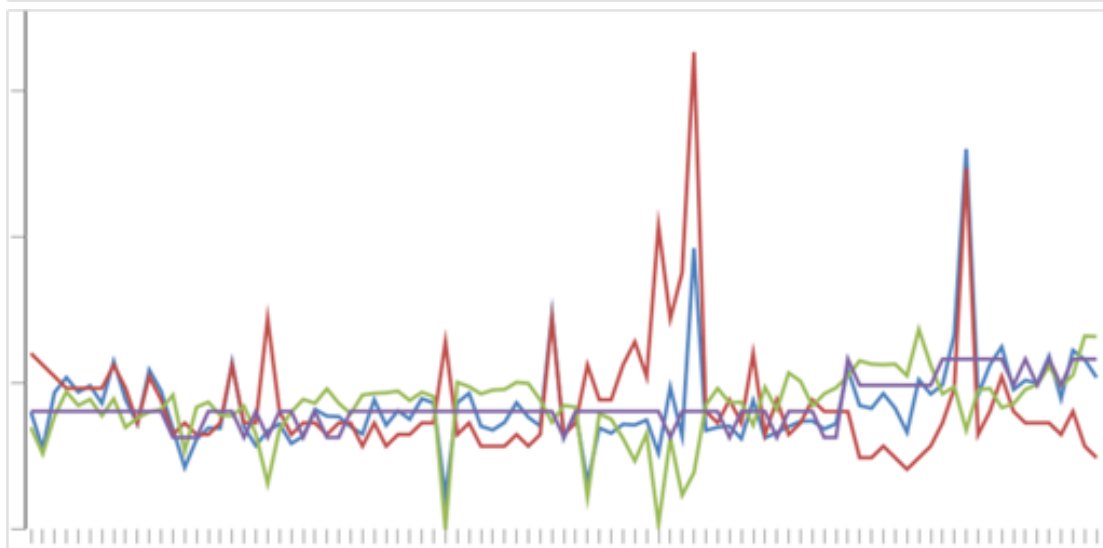
Paciente 4.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



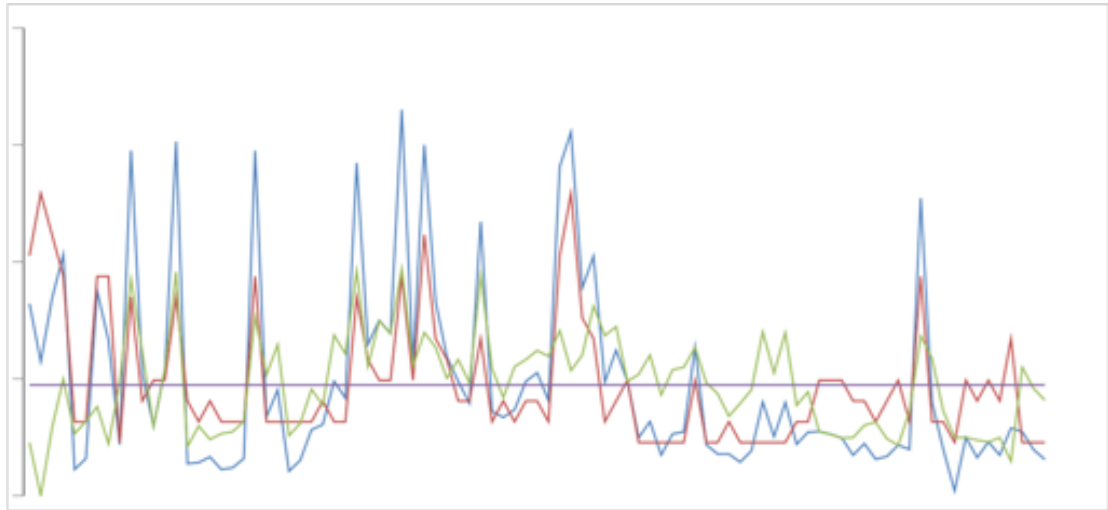
Paciente 6.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



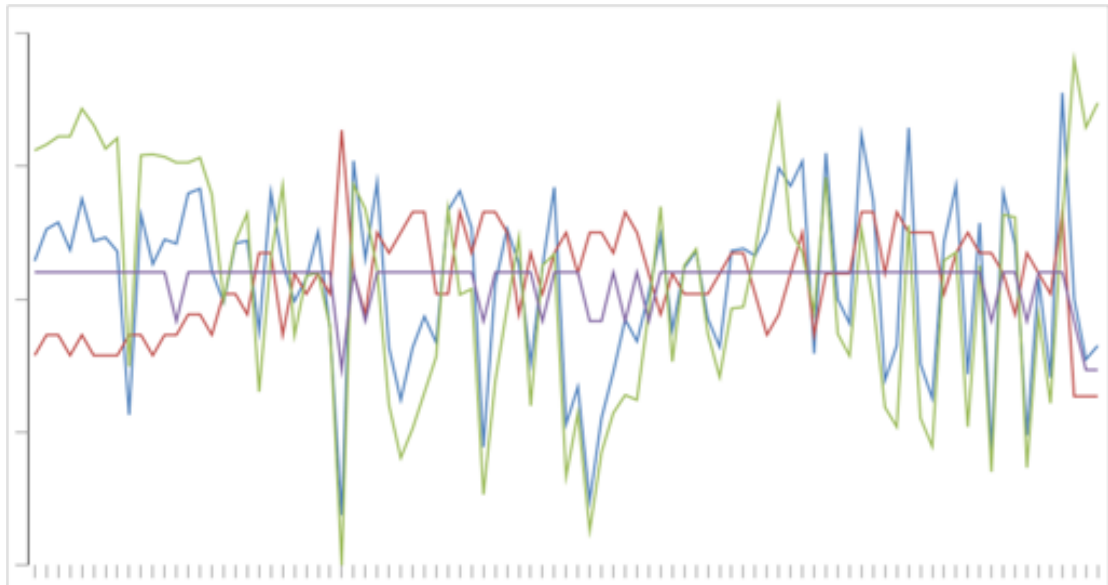
Paciente 7.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



Paciente 8.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



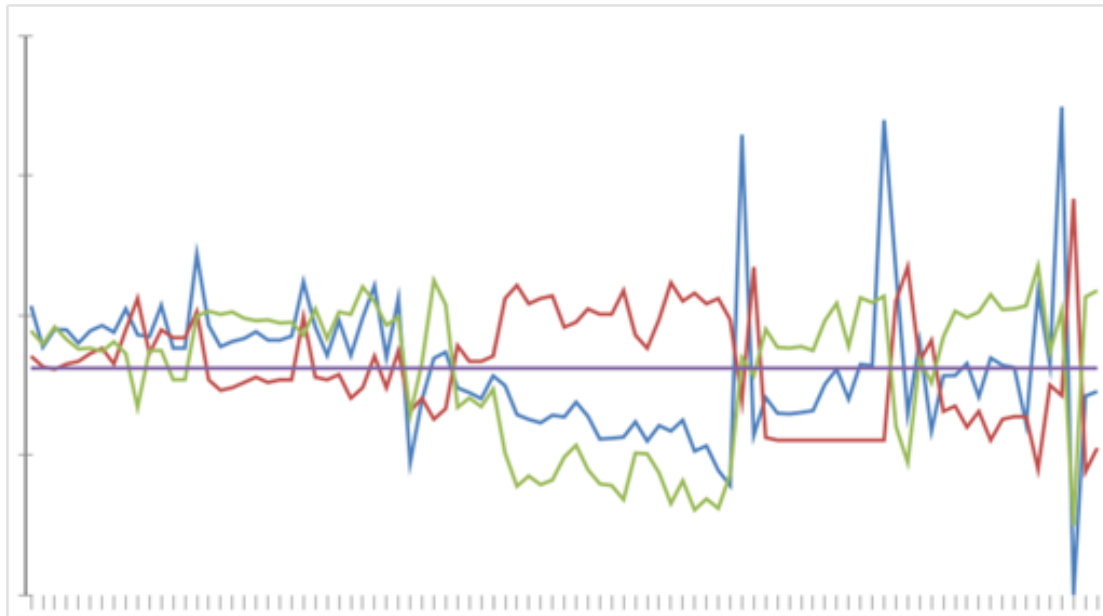
Paciente 9.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



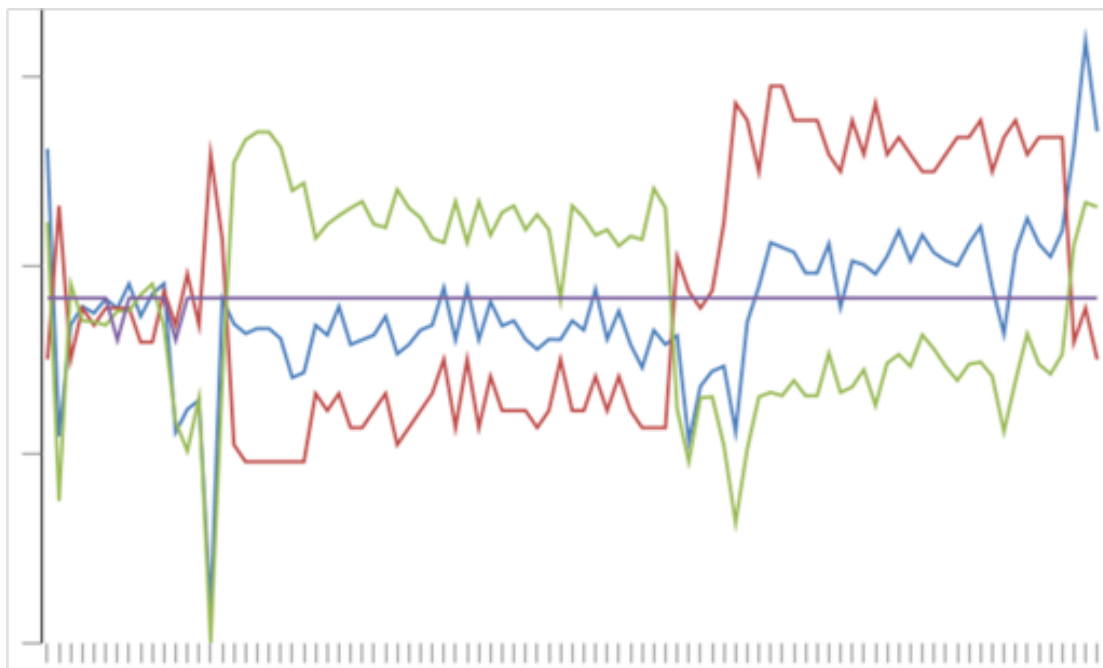
Paciente 11.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



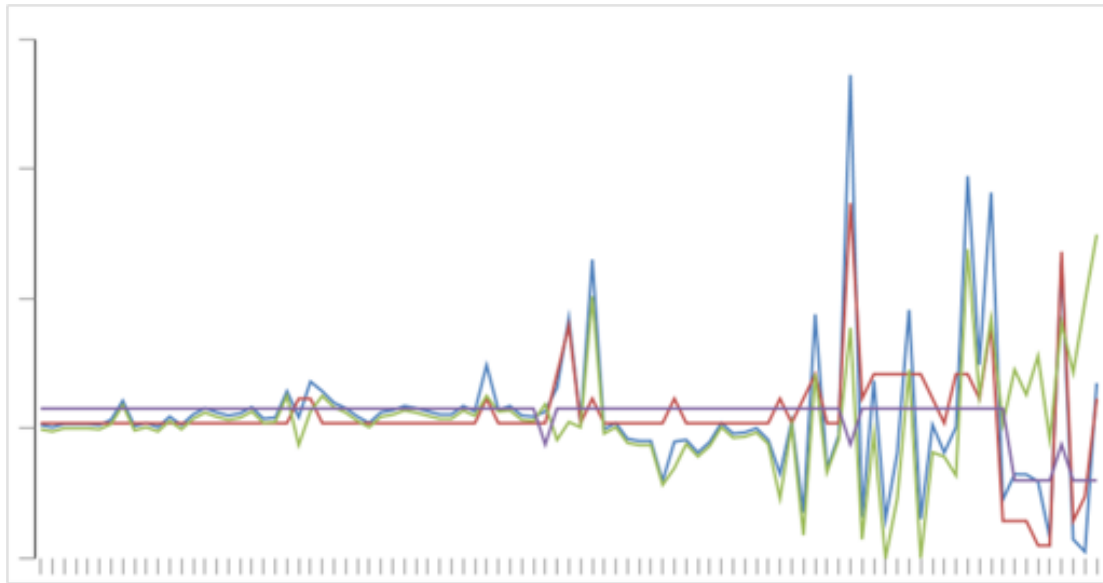
Paciente 12.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



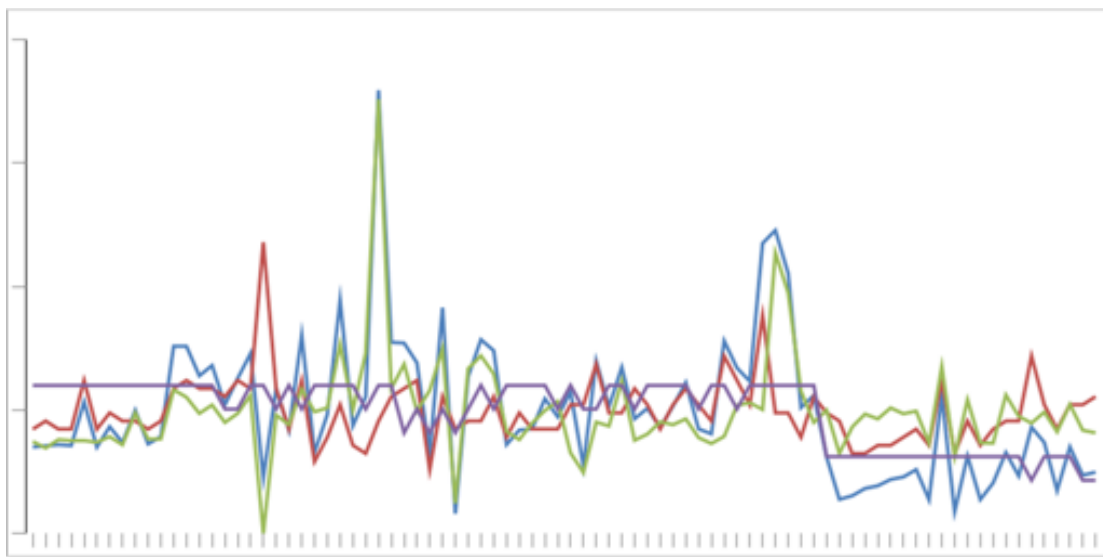
Paciente 13.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



Paciente 14.

En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.



Paciente 15.

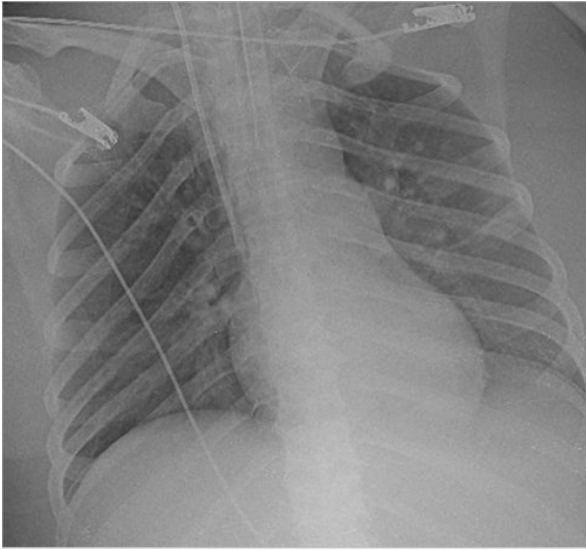
En color Azul se representa el MP; en Verde el VT; en Rojo la FR; en Violeta la PEEP.

Anexo III. Correlación entre variables

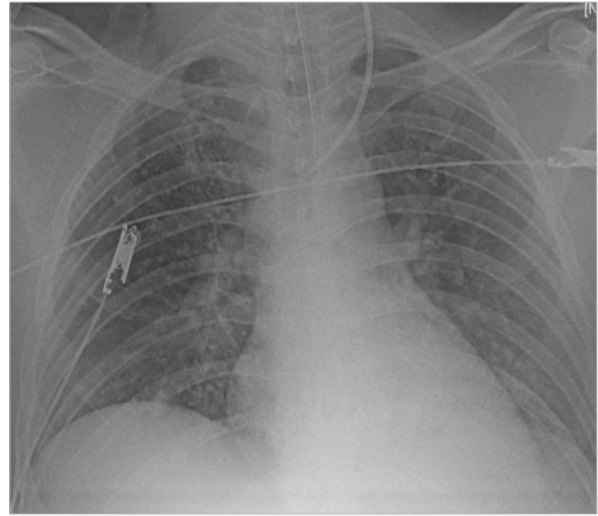
1	MP	FR	VT	PEEP
MP	1.	0.88766471	0.93886137	0.88534136
FR	0.88766471	1.	0.92638798	0.99368666
VT	0.93886137	0.92638798	1.	0.94086391
PEEP	0.88534136	0.99368666	0.94086391	1.
2				
MP	1.	0.8946781	0.92223553	0.88478175
FR	0.8946781	1.	0.74608052	0.86831421
VT	0.92223553	0.74608052	1.	0.84369737
PEEP	0.88478175	0.86831421	0.84369737	1.
3				
MP	1.	0.92105999	0.86137494	0.87387813
FR	0.92105999	1.	0.87086573	0.89738301
VT	0.86137494	0.87086573	1.	0.906803
PEEP	0.87387813	0.89738301	0.906803	1.
4				
MP	1.	0.90954946	0.89155522	0.77918702
FR	0.90954946	1.	0.81220793	0.7556794
VT	0.89155522	0.81220793	1.	0.83716737
PEEP	0.77918702	0.7556794	0.83716737	1.
6				
MP	1.	0.93157119	0.97094012	0.92762987
FR	0.93157119	1.	0.90415954	0.93679395
VT	0.97094012	0.90415954	1.	0.95791359
PEEP	0.92762987	0.93679395	0.95791359	1.
7				
MP	1.	0.75657808	0.76846217	0.83399554
FR	0.75657808	1.	0.44325507	0.68478762
VT	0.76846217	0.44325507	1.	0.89478329
PEEP	0.83399554	0.68478762	0.89478329	1.
8				
MP	1.	0.93503517	0.89527037	0.80233728
FR	0.93503517	1.	0.86499062	0.89715342
VT	0.89527037	0.86499062	1.	0.93638083
PEEP	0.80233728	0.89715342	0.93638083	1.

9				
MP	1.	0.70403243	0.87923366	0.84640618
FR	0.70403243	1.	0.44518407	0.90901649
VT	0.87923366	0.44518407	1.	0.7089349
PEEP	0.84640618	0.90901649	0.7089349	1.
11				
MP	1.	0.89511736	0.94796983	0.81839072
FR	0.89511736	1.	0.88682372	0.93247875
VT	0.94796983	0.88682372	1.	0.90680169
PEEP	0.81839072	0.93247875	0.90680169	1.
12				
MP	1.	0.81105394	0.92762142	0.90937972
FR	0.81105394	1.	0.73900171	0.93927621
VT	0.92762142	0.73900171	1.	0.90840959
PEEP	0.90937972	0.93927621	0.90840959	1.
13				
MP	1.	0.68861923	0.7618225	0.8517355
FR	0.68861923	1.	0.22902829	0.72788311
VT	0.7618225	0.22902829	1.	0.79368999
PEEP	0.8517355	0.72788311	0.79368999	1.
14				
MP	1.	0.94616493	0.92945268	0.91271111
FR	0.94616493	1.	0.89373109	0.95324983
VT	0.92945268	0.89373109	1.	0.91184092
PEEP	0.91271111	0.95324983	0.91184092	1.
15				
MP	1.	0.04232827	0.99598955	0.19135729
FR	0.04232827	1. -	0.02311574	0.18497043
VT	0.99598955 -	0.02311574	1.	0.13186874
PEEP	0.19135729	0.18497043	0.13186874	1.

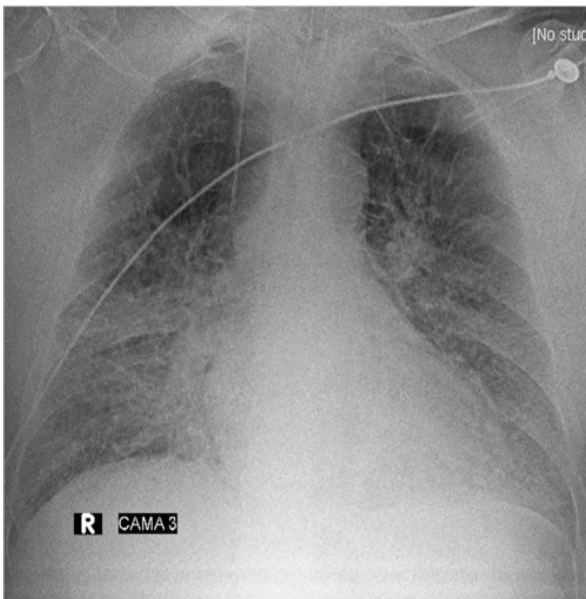
Anexo IV. Radiografías de Tórax.



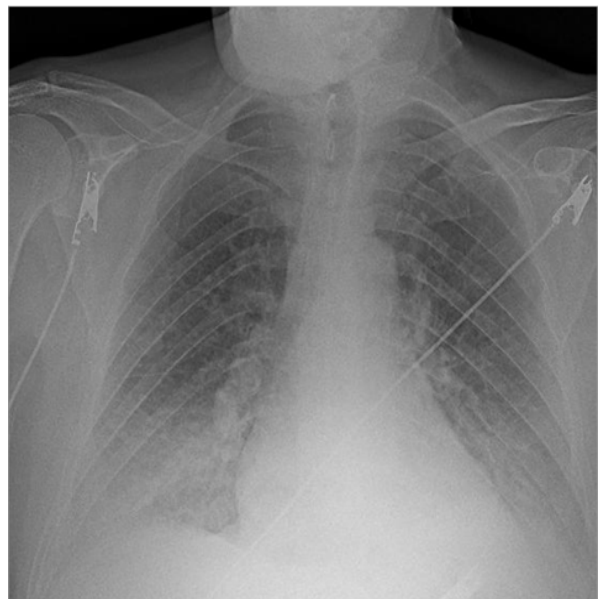
Paciente 1. Sexo Femenino. 76 años.
Diagnóstico al Ingreso: Paro Cardiorrespiratorio; Neumonía.



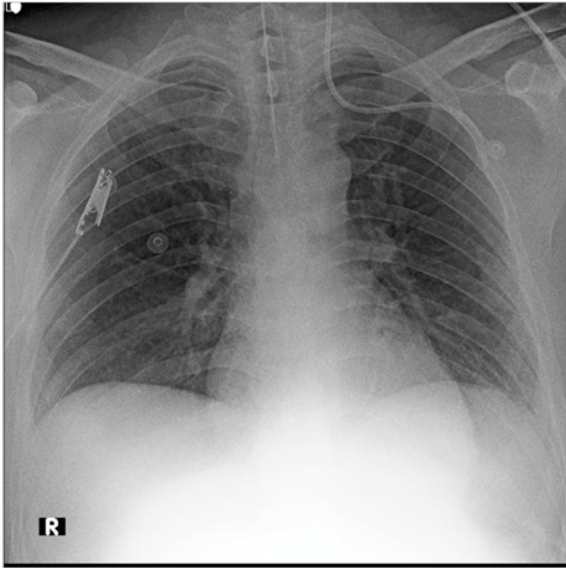
Paciente 2. Sexo Femenino. 37 años.
Diagnóstico al Ingreso: Traumatismo Encéfalo Craneano; Postoperatorio Neuroquirúrgico.



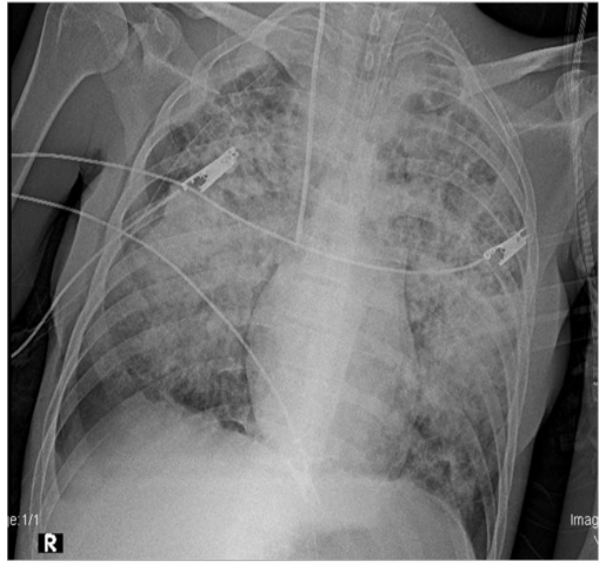
Paciente 3. Sexo Masculino. 24 años.
Diagnóstico al Ingreso: Pancreatitis Aguda



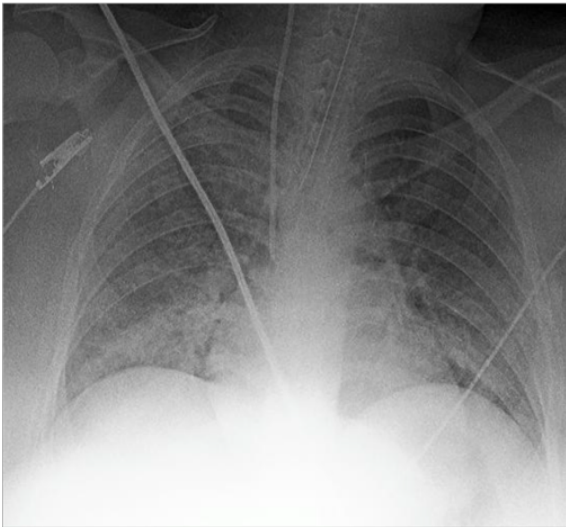
Paciente 4. Sexo Femenino. 74 años.
Diagnóstico al Ingreso: Paro Cardiorrespiratorio; Neumonía.



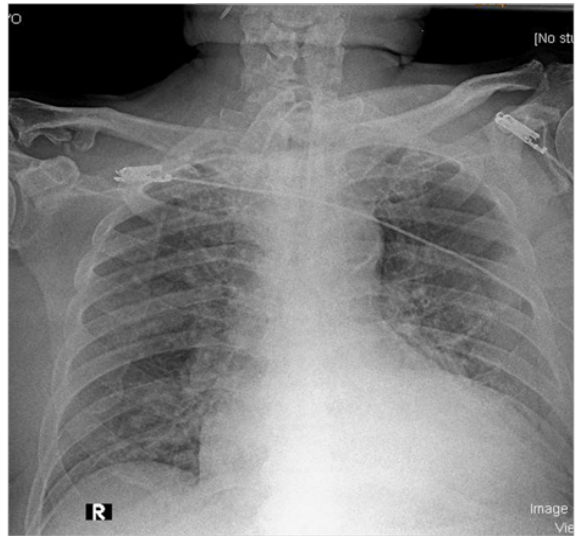
Paciente 6. Sexo Masculino. 18 años.
Diagnóstico al Ingreso: Politrauma Grave; Cirugía Abdominal.



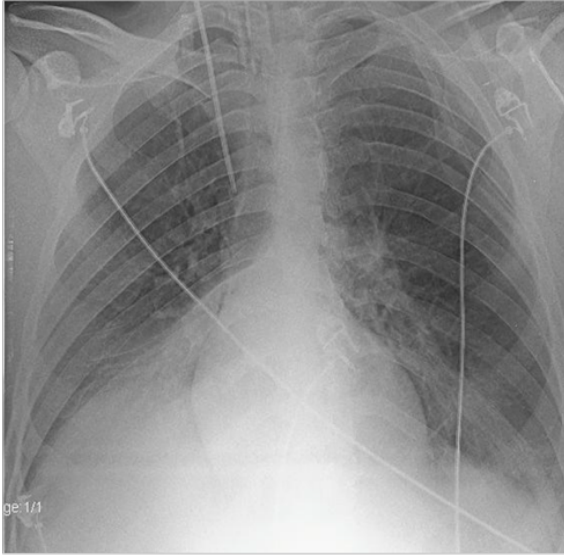
Paciente 7. Sexo Femenino. 18 años.
Diagnóstico al Ingreso: Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo.



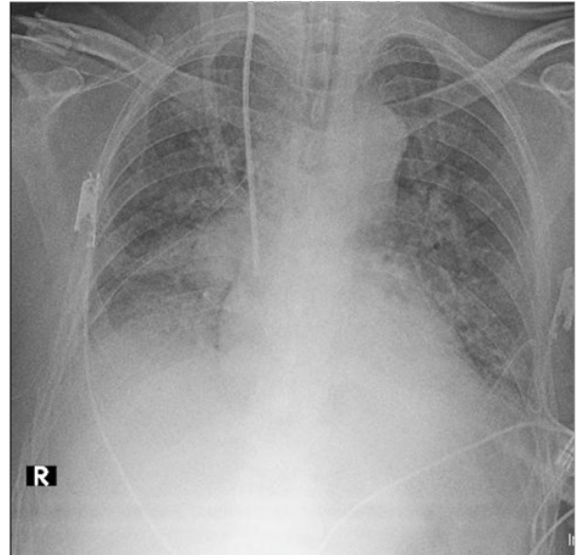
Paciente 8. Sexo Masculino. 24 años.
Diagnóstico al Ingreso: Politrauma Grave; Shock Hipovolémico.



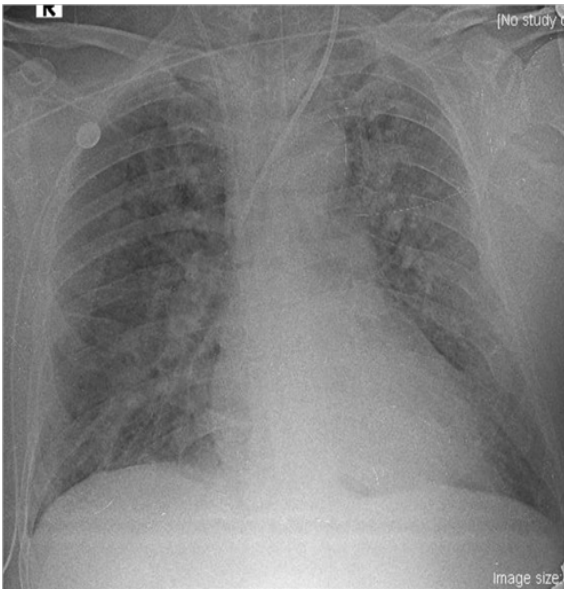
Paciente 9. Sexo Masculino. 71 años.
Diagnóstico al Ingreso: Paro Cardiorrespiratorio; Cardiopatía Isquémica.



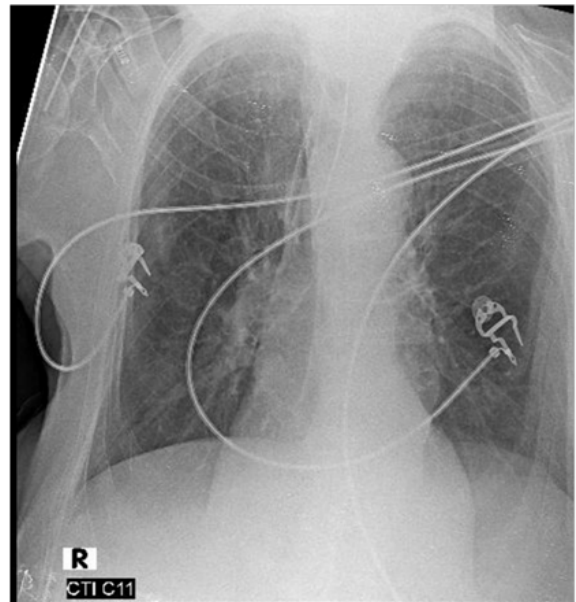
Paciente 11. Sexo Masculino. 37 años.
Diagnóstico al Ingreso: Traumatismo Encéfalo Craneano.



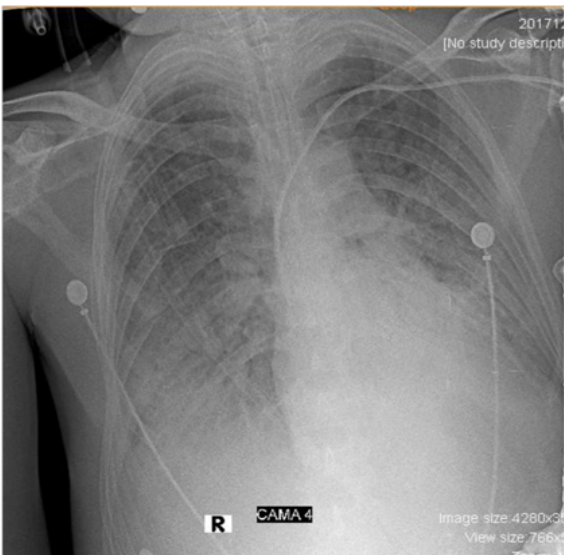
Paciente 12. Sexo Masculino. 37 años.
Diagnóstico al Ingreso: Politrauma Grave; Cirugía Abdominal.



Paciente 13. Sexo Masculino. 51 años.
Diagnostico al Ingreso: Paro Cardiorrespiratorio; Infección Respiratoria.



Paciente 14. Sexo Masculino. 37 años.
Diagnóstico al Ingreso: Sepsis Respiratoria.



Paciente 15. Sexo Femenino. 77 años.
Diagnóstico al Ingreso: Politrauma Grave; Traumatismo Encéfalo-Craneano.

