



“CAPNOGRAFÍA VOLUMÉTRICA Y DESVINCULACIÓN DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA. HOSPITAL DE CLÍNICAS, ABRIL-OCTUBRE 2019”

Centro de Tratamiento Intensivo; Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”
Facultad de Medicina; Universidad de la República. Montevideo. Uruguay

Br. Victoria Carbone

Br. Mauro Cardoso

Br. Victoria De Boni

Br. Carlos Gandulia

Br. Carla Módena

Br. Pablo Montiel

Orientador Prof. Agdo. Dr. Arturo Briva

Ciclo de metodología científica II - 2019

Grupo n° 42

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	
VENTILACIÓN MECÁNICA.....	4
DESTETE.....	5
CAPNOMETRÍA Y CAPNOGRAFÍA.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
METODOLOGÍA.....	11
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	22
AGRADECIMIENTOS.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXOS	
CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	28
RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA.....	30

RESUMEN

Objetivo: Identificar la existencia de distintos modelos de vaciamiento pulmonar a través del monitoreo capnográfico continuo en la prueba de ventilación espontánea (PVE).

Metodología: Monitorización de distintos parámetros como la frecuencia respiratoria (FR), ventilación alveolar (Valv) y volumen corriente (VTE) pre PVE, durante PVE y post PVE, obtenidos a través de un equipo de cámaras de video en pacientes bajo Asistencia Ventilatoria Mecánica (AVM) internados en el Centro de Tratamiento Intensivo (CTI) del Hospital de Clínicas "Dr. Manuel Quintela" en el período de abril a octubre de 2019.

Resultados: Se obtuvieron registros capnográficos que al correlacionarse con los del ventilador mecánico lograron identificar distintos patrones de vaciamiento pulmonar, algunos de ellos correspondientes a la fase IV de la espiración.

Conclusión: Se pudieron analizar satisfactoriamente los registros obtenidos. Debido a un tamaño muestral limitado no se pudo determinar un desenlace de carácter estadístico para este trabajo, sin embargo, se pudieron recolectar datos potencialmente valiosos para futuras investigaciones.

Palabras clave: Ventilación mecánica, capnografía volumétrica, prueba de ventilación espontánea, vaciamiento pulmonar, destete, medicina intensiva.

Objective: Identify the existence of different models of lung emptying through continuous capnographic monitoring in the spontaneous breathing test (SBT).

Methodology: Monitoring of different parameters such as breathing frequency, alveolar ventilation and tidal volume, before SBT, during SBT and after SBT, obtained through video camera equipment in patients under Mechanical Ventilatory Assistance admitted to the Intensive Care Unit of Hospital de Clínicas "Dr. Manuel Quintela" during the period from April to October 2019.

Results: Capnographic records were obtained and when correlated with mechanical ventilators, were able to identify different patterns of pulmonary emptying, some of them corresponding to the stage IV of the expiration.

Conclusion: The records were successfully analyzed. Due to a limited sample size, a statistical outcome for this work could not be determined, however, potentially valuable data was collected for future research.

INTRODUCCIÓN

VENTILACIÓN MECÁNICA

La ventilación mecánica (VM) es un recurso terapéutico transitorio que ha permitido modificar de manera favorable el pronóstico de vida de pacientes con diferentes afecciones. Esta modalidad de tratamiento se acompaña de complicaciones potencialmente mortales ya que puede generar cambios funcionales secundarios a su utilización, y por lo tanto debe interrumpirse tan pronto como el paciente pueda mantener una ventilación espontánea eficaz.¹

La VM constituye un procedimiento que tiene el fin de sostener la respiración transitoriamente hasta que el paciente restablezca su capacidad funcional para reanudar la ventilación espontánea.² Consiste en la instalación de un tubo endotraqueal en la vía aérea del paciente que conectado a una máquina le brinda al enfermo soporte ventilatorio, facilitando el intercambio gaseoso en los alvéolos y disminuyendo el trabajo respiratorio.

El ventilador mecánico realiza su función generando una diferencia de presiones entre la boca y el alvéolo, y produce un flujo que vence las resistencias y la elasticidad del sistema respiratorio, consiguiendo la entrada y salida de gas del sistema.³

Los últimos avances tecnológicos en los ventiladores permiten documentar y ajustar los parámetros en el respirador para alcanzar un adecuado reclutamiento alveolar, sin provocar sobredistensión ni cambios hemodinámicos negativos y mejorar la oxigenación tisular.⁴

Son múltiples las situaciones en las que este recurso puede requerirse, por ejemplo, circunstancias en las que una obstrucción severa al flujo aéreo no permite obtener una ventilación adecuada a la situación clínica: en estados de hipoxemia o volumen pulmonar insuficiente, o cuando la ventilación espontánea no puede suplir las demandas sobre un sistema cardiovascular comprometido.

El soporte ventilatorio se le puede brindar al paciente a través de distintos dispositivos. Puede ser externo en el caso de la ventilación mecánica no invasiva, o puede ser invasiva, diferenciándose dentro de ésta la supraglótica de la infraglótica. En ésta última se dispone de un tubo endotraqueal o un tubo de traqueotomía.

El gas que ingresa al cuerpo del paciente se debe filtrar, modificar la temperatura y la humedad.

El ventilador debe tener también la capacidad de monitorizar parámetros respiratorios del paciente como la mecánica respiratoria.

También se debe educar al personal tratante en ciertas situaciones, como por ejemplo en determinados casos en los cuales se requiera aspirar secreciones o nebulizar al paciente.⁵

DESTETE

La desvinculación de la ventilación mecánica se puede definir como el proceso por el cual el paciente se independiza de la asistencia ventilatoria por el descenso del soporte ventilatorio. Este es un momento crítico para el paciente en su pasaje por Cuidados Terapéuticos Intensivos (CTI). El personal de salud tratante debe ser muy preciso a la hora de tomar esta decisión.

La importancia de predecir el momento oportuno para la desvinculación de la VM radica en que tanto el destete prematuro como la prolongación innecesaria de la asistencia ventilatoria mecánica (AVM) son deletéreos para el paciente.⁶

Es por esto que encontrar criterios que determinen el momento adecuado para realizar el destete ha sido el objetivo de múltiples trabajos de investigación en esta materia. Es sustancial impedir la extensión innecesaria de la VM con el objetivo de minimizar el tiempo que el paciente está intubado y por lo tanto expuesto a complicaciones, como por ejemplo lesiones de la vía aérea y neumonía por ventilador. A su vez, esto implica un aumento de los costos de internación. Adicionalmente se busca prevenir intentos prematuros, que lleven a la necesidad de reintubar y someter al enfermo a complicaciones tales como hipoxemia, broncoaspiración y falla respiratoria severa, entre otros.

Independientemente de la experiencia del médico tratante, únicamente con el juicio clínico es muy difícil predecir en forma certera la desconexión exitosa. Esto justifica la implementación de métodos objetivos y seguros para identificar a los pacientes capaces de mantener la respiración espontánea en forma sostenida en el tiempo, y por ende, aptos para el destete.

La prueba de ventilación espontánea (PVE) es el indicador más directo y confiable para la realización del destete: en la misma se evalúa la tolerancia del paciente frente a una ventilación espontánea con una duración que puede variar desde 30 hasta 120 minutos como máximo.

Actualmente se ha evidenciado que no hay diferencias en los resultados si la prueba se realiza en 30 o en 120 minutos. Durante la PVE el paciente se encuentra ventilando en modo espontáneo, es decir, comanda el comienzo de la inspiración y de la espiración, recibiendo del respirador un control sobre la presión de inspiración y la presión positiva al final de la espiración (PEEP). La prueba puede ser realizada con el ventilador en modo espontáneo con presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), presión de soporte (PS) de 5-7 cm H₂O o con el paciente conectado a un tubo T.

La prueba realizada con tubo T consiste en retirar al paciente del ventilador y asociarlo a una pieza con forma de T a la cual se le adiciona un flujo de gas humidificado y calefaccionado. Como ventaja principal, el tubo en T permite que los períodos de respiración espontánea se intercambien

con períodos de descanso cuando se conecta nuevamente el paciente al respirador, esto es de suma importancia porque ayuda a prevenir atrofia y fatiga muscular debido a la restauración de la respiración de forma espontánea.⁷

La presión de soporte (PS) es un tipo de ventilación controlada por el mismo paciente, en la cual la presión de vía aérea está previamente programada. Mientras disminuye el nivel de PS, aumenta el esfuerzo que debe realizar el paciente para mantener el volumen/minuto de forma eficiente. El descenso de PS establece cargas cada vez mayores para los músculos respiratorios determinando un ascenso gradual del trabajo respiratorio. En la situación que el flujo inspiratorio desciende y queda por debajo de un nivel previamente establecido, se da el paso de inspiración a espiración como método de asistencia ventilatoria, permitiendo al paciente controlar tanto la frecuencia respiratoria como el flujo y el volumen corriente.⁸

Ninguno de los métodos anteriormente mencionados tiene variaciones significativas en especificidad y sensibilidad. Como se dijo previamente, la prueba no puede realizarse por más de 120 minutos para que se mantenga la especificidad y sensibilidad de la misma.

Se han definido una serie de criterios para la selección de los pacientes aptos para la realización de la prueba de ventilación espontánea:

Criterios de destete:

- Mejoría del cuadro que motivó la VM.
- Situación clínica estable.
- SCORE Glasgow mayor o igual a 7.
- Estabilidad cardiovascular, ausencia de drogas vasoactivas.
- Equilibrio metabólico.
- Temperatura menor a 38 °C.
- Hemoglobina mayor a 7g/dl (mayor a 10 gr/dl en pacientes con enfermedad coronaria)
- Presión parcial de oxígeno en sangre arterial PaO_2/FIO_2 mayor a 175 con PEEP menor o igual a 5cmH₂O El fracaso ocurre por lo general en las primeras horas, por esto durante esta etapa se debe realizar un minucioso monitoreo del paciente.⁹

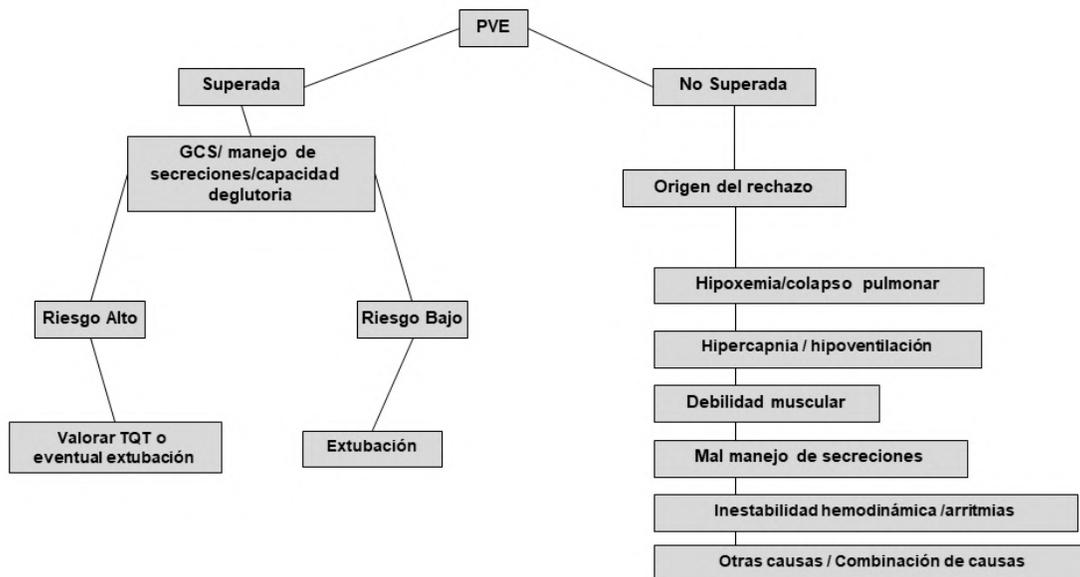


Figura 1: Esquema básico para insertar la PVE en cualquier protocolo general de desvinculación de la AVM.¹⁰

El fracaso del destete es la necesidad de re-intubación del paciente en las siguientes 48 horas posteriores a la extubación. Este hecho puede estar dado por diversos factores y es necesario establecer su origen.

Algunas de las causas que determinan la falla de la extubación pueden ser, por ejemplo, la obstrucción de la vía aérea, un mal manejo de las secreciones, alteraciones del estado mental, etc.¹¹

CAPNOMETRÍA Y CAPNOGRAFÍA

La capnometría es la medición de la concentración de CO₂ en la vía aérea proximal y representa gráficamente la concentración espirada de CO₂.¹²

La capnografía volumétrica (CV) monitorea e informa sobre la distribución del aire inspirado. Evalúa la relación ventilación/perfusión (V/Q), siendo útil para detectar colapso pulmonar y establecer una PEEP óptima luego del reclutamiento pulmonar.

La CV mide la presión exhalatoria de CO₂, al igual que la capnografía estándar, y a su vez tiene la ventaja de calcular el volumen de CO₂ espirado dentro del volumen corriente, determinante para calcular la eliminación de CO₂ y determinar el espacio muerto respiratorio.¹³

Los beneficios de medir el CO₂ espirado son:

- Certificar la adecuada posición del tubo endotraqueal al descartar la intubación esofágica.
- El PETCO₂ (end tidal CO₂) es la determinación del valor de CO₂ alveolar al final de la espiración, la cual está determinada por el porcentaje de CO₂ que ingresa al alvéolo y el que se elimina de él. Los valores del PETCO₂ varían 35-40 mmHg y varían en función de la relación V/Q. Estos cambios en el PETCO₂ pueden obedecer a variaciones en la producción de CO₂, en la entrega de éste a los pulmones o en la ventilación alveolar.

En las enfermedades que obstruyen el flujo, tales como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la forma de la onda capnográfica es defectuosa, ya que la curva de ascenso es muy lenta, no alcanzando la meseta de estado estable y el CO₂ se elimina continuamente hasta el comienzo de la siguiente inspiración.

La capnografía volumétrica además de poseer las mismas características que la estándar suma otros datos útiles para monitorizar la ventilación mecánica:

- El volumen de CO₂ exhalado, el cual aporta datos sobre el estado metabólico del paciente.
- Medir la ventilación alveolar.
- Medir el nivel óptimo PEEP.
- Evaluar la ventilación y perfusión pulmonar, pueden ser muy variables en cada fase respiratoria o cardíaca.

La CV también sirve para evaluar la eficacia de la ventilación alveolar del paciente. Refleja cambios en la ventilación, hemodinamia y metabolismo registrando distintos tipos de morfología en el registro capnográfico.¹²

Un capnograma convencional en adultos resulta muy similar en los individuos sanos; frente a cualquier cambio se requiere la determinación de su causa, ya sea fisiológica o patológica.

El capnograma tiene dos segmentos importantes: inspiratorio y espiratorio; dentro del segmento espiratorio encontramos tres fases constantes (I, II y III) y una fase ocasional (IV), basándose en la fisiología de la evolución del pasaje de CO₂ del pulmón a las vías aéreas. La fase I carece de CO₂ espirado (espacio muerto). La fase II sirve para evaluar los cambios en la perfusión pulmonar, donde el CO₂ sale por el aire espirado. En esta fase la PCO₂ aumenta cuando el gas alveolar es desplazado desde el espacio muerto. Las fases III y IV de la capnografía volumétrica son útiles para evaluar el espacio muerto y la ventilación alveolar. (Figura 2)

En cuanto a la fase III, esta es la meseta alveolar, la cual representa la evolución de CO₂ dentro de los alvéolos. Si la PCO₂ es similar en todos los alvéolos, la meseta alveolar será plana; en esta etapa se presentan las alteraciones de la relación V/Q. Se denota una leve inclinación hacia arriba de la

meseta cuando la relación V/Q es baja y con mayores constantes de tiempo, contribuyendo a la parte tardía de la fase III. La inclinación de esta fase representa indirectamente la relación V/Q pulmonar. Al final de la fase III, la PCO_2 desciende a cero, mientras que el CO_2 permanece como gas libre inhalado.

No obstante, al final de la fase III se puede presentar una elevación brusca en forma de cresta, llamada fase IV. El veloz vaciamiento de los alvéolos es responsable del trazo horizontal inicial de la fase III, al final de la cual el flujo espiratorio disminuye y el contenido de CO_2 del aire espirado aumenta notoriamente, produciendo una marcada elevación al final del trazo del capnógrafo. Esto es el resultado del retraso del vaciamiento alveolar en la última parte de la espiración, dando como consecuencia concentraciones aumentadas de CO_2 a causa una constante liberación de este gas dentro de los alvéolos. (Figura 3).^{14,15}

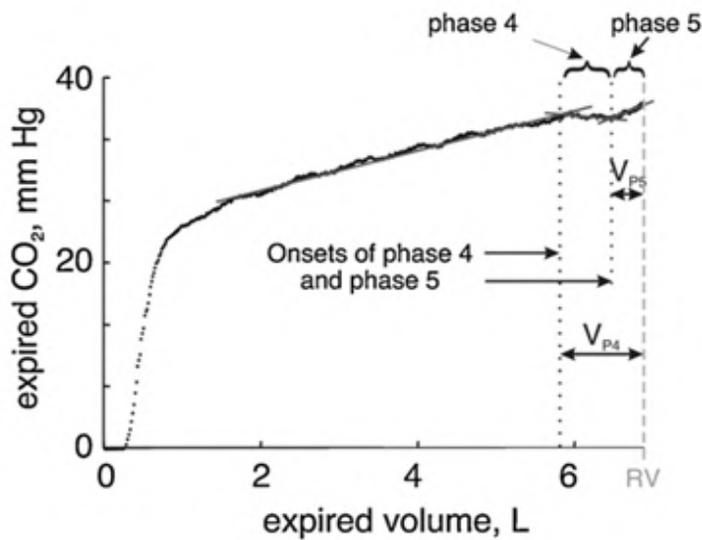


Figura 2. Fases de la capnografía volumétrica.¹⁶

Interpretación rápida de la relación CO₂ / volumen

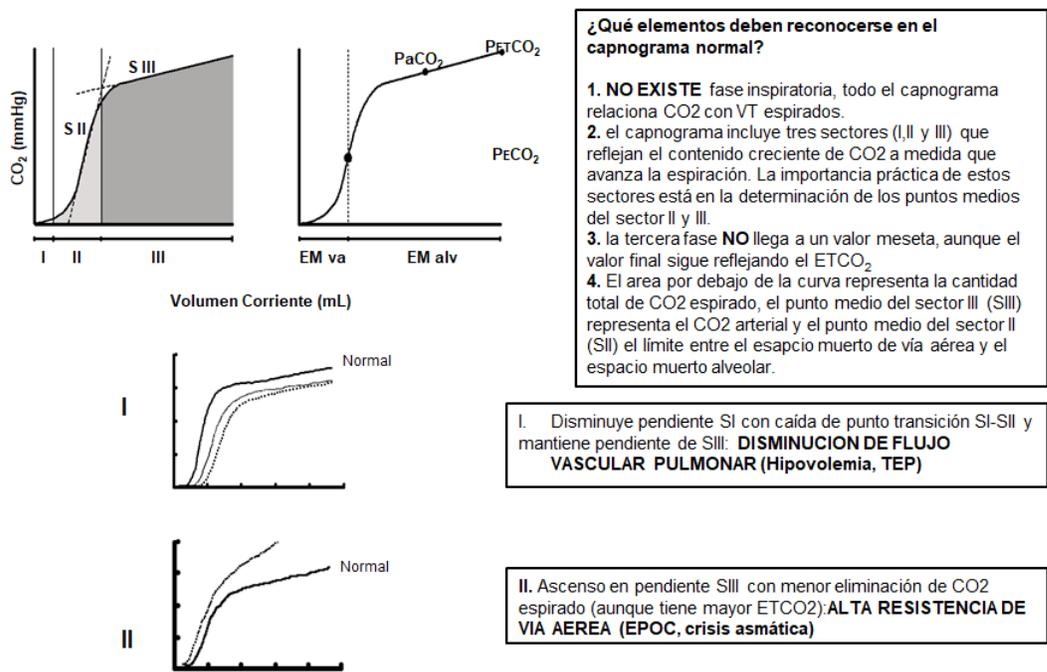


Figura 3. Interpretación rápida de la relación CO₂/ volumen.

La información clínica desde la capnografía se puede obtener desde tres fuentes: valores numéricos de PETCO₂, gráficas del capnograma y la diferencia entre PETCO₂ y PaCO₂. La capnografía debe interpretarse en un contexto clínico para ser utilizada como una herramienta diagnóstica.

OBJETIVO GENERAL

Como objetivo general se busca establecer si existen diferencias en el vaciamiento pulmonar entre las tres etapas del registro (pre PVE, PVE y post PVE) a través de la cuantificación de espiraciones que finalicen con fase III, IV o V.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar si la presencia de diferentes patrones de vaciamiento pulmonar se corresponden a elementos asociados a cambios de la mecánica pulmonar (atrapamiento de aire), fatiga muscular u otras variables.

METODOLOGÍA

Se trata de un estudio de tipo observacional descriptivo donde se realizó una prueba de PVE estándar con el paciente conectado al ventilador, obteniendo por grabación digital la evolución del monitoreo ventilatorio, capnográfico y de constantes vitales a lo largo de la prueba, teniendo lugar en el Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela dentro de un período comprendido entre abril y octubre de 2019.

Debido a la dificultad presentada a la hora de incorporar pacientes al estudio por no disponer del capnógrafo en todas las oportunidades en las que fueron realizadas las PVE, fue necesario cambiar el método de análisis planteado en un principio (ANOVA) por un método descriptivo de reporte de casos.

Se dispuso de registros de video colectados desde 2017 por parte del servicio los cuales fueron obtenidos para la realización de una investigación previa, donde se estudió la monitorización multimodal de la prueba de ventilación espontánea durante el proceso de desvinculación de la asistencia ventilatoria mecánica en pacientes críticos.¹⁷

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”.

Se buscaron patrones capnográficos (monitoreo del CO₂ alveolar que se realiza durante la espiración) que se relacionen con el éxito o fracaso de la desvinculación de la ventilación mecánica en pacientes críticos durante la PVE. Esta prueba es el indicador más directo de la capacidad del sistema respiratorio de cumplir un balance entre la demanda y la capacidad de satisfacerlas, al demostrar una tolerancia a la prueba, que tiene una duración entre 30-120 minutos.

En cuanto a la población de estudio, se analizaron registros de capnogramas volumétricos obtenidos durante el proceso de desvinculación de la AVM de 4 pacientes ingresados al CTI durante el período de estudio que hayan cumplido con los criterios de inclusión. Para esto se utilizó un sistema de cámaras de video Qihan (China), que registró el monitoreo cardiovascular y capnográfico, en un capnógrafo NICO2, Dixtal (USA) (Figuras 4a y 4b)

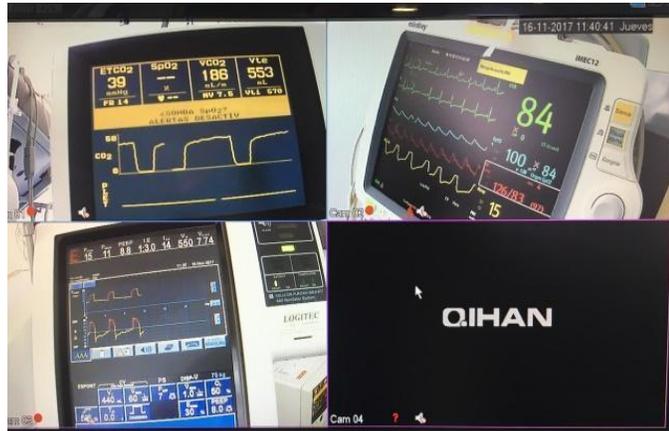


Figura 4a. Monitor de ventilador mecánico (arriba) Capnógrafo NICO2, Dixtal (abajo).

Figura 4b. Cámaras de video Qihan

Se incluyeron pacientes mayores de 18 años, que recibieron al menos 48 horas de AVM y que cumplieron con los criterios mínimos para realizar una PVE, establecidos en el CTI del Hospital de Clínicas, ilustrados en la Tabla 1.

Se filmaron exclusivamente los monitores controlando que no se cambiara el ángulo de enfoque preestablecido, con el fin de no visualizar ninguna característica, rasgo o particularidad física que permitiera identificar al paciente.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Mejora del cuadro clínico inicial que produjo el fallo respiratorio	
ESTABILIDAD RESPIRATORIA	-Ventilación estable con FiO2 al 40% - 50%
	-PEEP no superior a 8 cmH2O
	-PAFI 150 - 300
TRABAJO RESPIRATORIO	-Músculos accesorios de la ventilación inactivos.
	- Esfuerzo ventilatorio adecuado.
ESTABILIDAD HEMODINÁMICA	-Ausencia de hipotensión arterial.
	-No necesidad de altas dosis de fármacos vasoactivos.
	-No arritmias
FUNCIÓN CARDIOVASCULAR	-FC menor-igual a 140cpm
	-No evidencia de isquemia miocárdica
TEMPERATURA CORPORAL	-Menor a 38°C
PROTECCIÓN DE LA VÍA AÉREA	-Glasgow mayor a 8 puntos.
	-Con pseudoanalgesia, nivel 2-3/6 en escala de Ramsay
	-Secreciones respiratorias moderadas
	-Reflejo de la tos y capacidad de expectorar conservada.

Tabla 1. Criterios generales para comenzar la PVE.¹⁸

Se excluyeron pacientes que hayan fracasado ante la prueba de ventilación espontánea previamente, pacientes que no hayan firmado el consentimiento informado y aquellos que se encontraron con medidas de aislamiento estricto al momento de realizar la PVE para evitar ingresar más equipamiento al área aislada (Tabla 2).

Saturación arterial de oxígeno menor a 90%
PaO2 menor a 60mmHg
Incremento PaCO2 mayor a 10mmHg
Frecuencia respiratoria mayor a 30-35 rpm
FR/Vc mayor a 105 rpm/L
Frecuencia cardíaca mayor a 120-140 cpm
Presión arterial sistólica mayor a 180 mmHg o menor a 90mmHg
Arritmias
Paciente con ansiedad, agitación depresión de consciencia, sudoración
Mala dinámica respiratoria

Tabla 2. Criterios clínicos de fracaso de la PVE.¹⁹

Este es un plan piloto en que se evalúa la factibilidad de identificar las fases del capnograma con el análisis visual de registros de video. No se plantearon grupos de pacientes a analizar. Por ese motivo no se realizó una estimación poblacional. El número propuesto a analizar surgió de la cantidad de pacientes que se pudieron ingresar en el período de estudio.

En la investigación se tomaron registros obtenidos desde el capnógrafo que fueron consideradas como potenciales fases IV y se las comparó con el monitoreo de los flujos y presiones en la vía aérea aportados por el ventilador mecánico. De estos registros de flujo y presión en la vía aérea, se recabaron datos para dividir las potenciales fases IV obtenidas en cuatro subgrupos.

El grupo uno se compone de aquellos registros donde se confirma que corresponde a una fase IV en la espiración. Los grupos dos, tres y cuatro pertenecen a eventos no habituales en la capnografía que, a priori, simulan ser fase IV, pero que al corresponderse con los otros registros ventilatorios, no cumplen los requisitos del grupo uno.

RESULTADOS

Se analizaron los registros capnográficos de cuatro pacientes. En total fueron analizados 472 minutos y 28 segundos de video en busca de eventos correspondientes a fase IV incluidos en el grupo uno.

Se registraron 228 eventos, que al correlacionarse con el monitor del ventilador mecánico, se obtuvieron 36 correspondientes al grupo uno y los 192 restantes no coincidieron con los criterios descritos a continuación. Estos últimos fueron distribuidos adecuadamente en los distintos grupos establecidos (dos, tres, cuatro) (Tabla 3 y Figura 5).

TOTAL DE EVENTOS	228
GRUPO 1	36
GRUPO 2,3,4	192

Tabla 3. Eventos

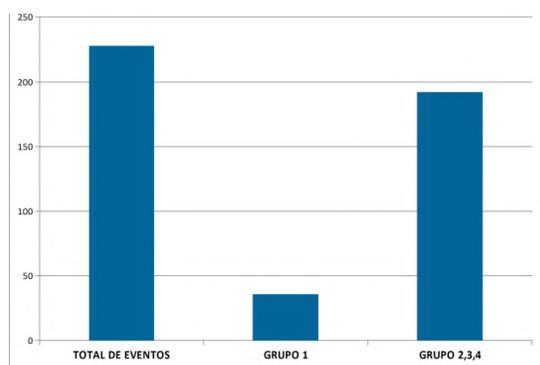


Figura 5.

El grupo uno está compuesto por aquellos registros donde se confirma que corresponden a una fase IV en la espiración. Para definirse como una fase IV se debe cumplir que, dentro de los ciclos

respiratorios habituales, el paciente realiza una inspiración con características similares a las previas pero presenta una espiración prolongada, tal como se muestra en la Figura 8. El grupo dos está integrado por aquellos eventos cuyos registros capnográficos aparentaban ser una fase IV, pero al correlacionarse con el registro del ventilador se evidenció un aumento en la inspiración previa, las cuales representan un suspiro del paciente como se puede ver en la Figura 9.

Dentro del grupo tres se encuentran los sucesos involuntarios, ya sean movimientos del paciente, secreciones (Figura 10), tos (Figura 11), deglución, entre otros. Éstos pueden generar aumentos y reducciones cíclicas del flujo secundarias a obstrucciones transitorias de la luz de la vía aérea, desencadenando una actividad caótica en la onda de flujo, sin relación con el ciclado del ventilador en cualquier momento de la respiración. Esto afecta marcadamente la presión, el flujo y la capnografía.²⁰

El grupo cuatro corresponde a los acontecimientos indefinidos, que no cumplen con las características de ninguno de los grupos explicados previamente (Figura 12). Igualmente, se incluyen para valorar su incidencia dentro de los ciclos respiratorios analizados.

A continuación presentamos algunos registros representativos de las diferentes situaciones identificadas.



Figura 5. Se observa una respiración normal previa a la PVE en el monitor del ventilador mecánico (izquierda) y en el capnógrafo (derecha).

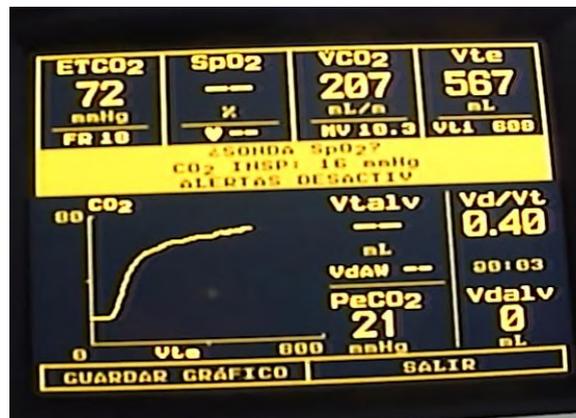


Figura 6. Ciclo respiratorio normal durante la PVE con PEEP de 8.



Figura 7. Ciclo respiratorio normal durante la PVE con PEEP de 3



Figura 8. A la derecha se observa la Fase IV en el capnógrafo, a la izquierda se observa lo que muestra la pantalla del ventilador en el mismo momento.



Figura 9. Suspiro



Figura 10. Secreción



Figura 11. Tos

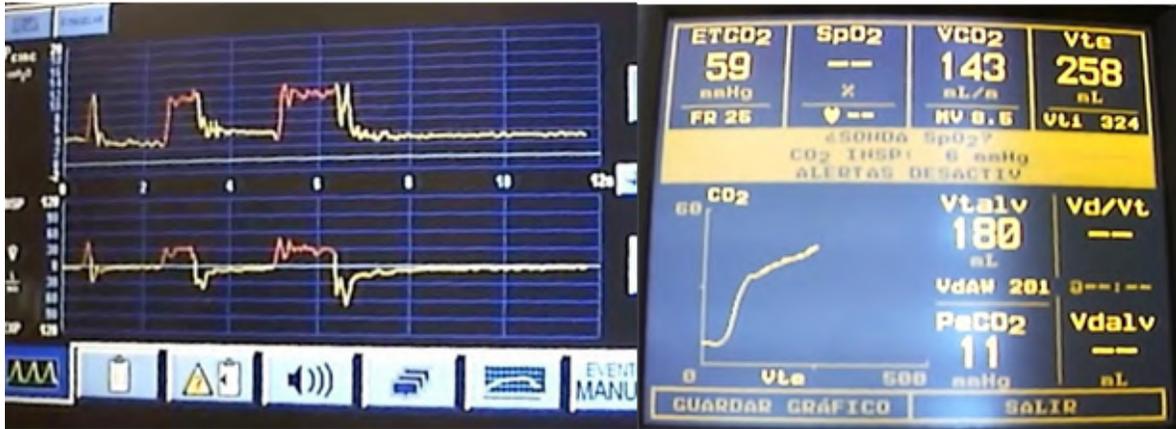


Figura 12. Patrón indefinido

De los 36 eventos que fueron asignados dentro del grupo uno, 4 ocurrieron en el momento pre PVE, 30 durante la PVE y 2 post PVE. (Figura 13)

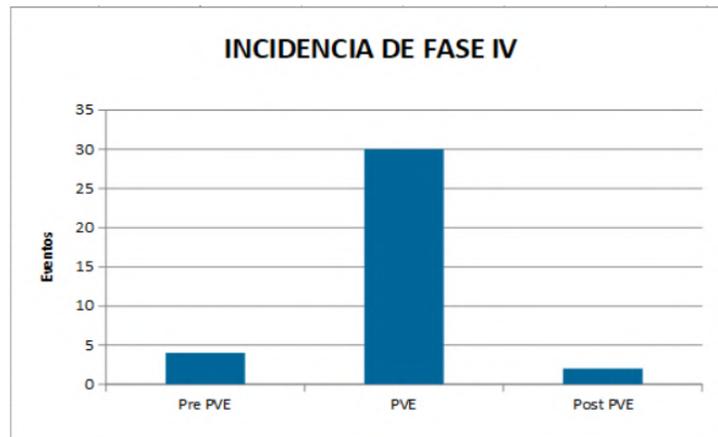


Figura 13. Incidencia de Fase IV.

A su vez, con los datos obtenidos del ventilador mecánico y del capnógrafo, se valoraron otros parámetros como la frecuencia respiratoria (FR), volumen corriente (VTE) y volumen alveolar (Valv). Se calculó la media en los tres momentos (pre PVE, durante la PVE, post PVE) con su respectivo desvío estándar (Tablas 4, 5, 6), los cuales son ilustrados en los siguientes gráficos (Figura 14, 15, 16).

PRE PRUEBA

Variable	<i>Paciente 1</i>		<i>Paciente 2</i>		<i>Paciente 3</i>		<i>Paciente 4</i>	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
FR	18,06	0,44	15,82	1,16	20,00	0,50	26,60	0,54
Vte	540,44	5,60	613,04	76,32	560,04	22,65	397,62	31,20
Vt alv	240,00	8,42	no hay datos		312,88	24,94	208,81	24,02

Tabla 4.

PVE

Variable	Paciente 1		Paciente 2		Paciente 3		Paciente 4	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
FR	18,33	1,07	15,94	4,77	23,45	0,95	32,72	7,38
Vte	508,24	15,45	718,85	265,30	502,44	20,88	337,61	35,26
Vt alv	237,02	7,91	no hay datos		259,37	14,66	161,28	16,98

Tabla 5.

POST PVE

Variable	<i>Paciente 1</i>		<i>Paciente 2</i>		<i>Paciente 3</i>		<i>Paciente 4</i>	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
FR	16,26	1,13	17,78	1,01	21,48	1,28	37,50	12,83
Vte	535,14	63,02	516,12	32,66	513,93	24,98	440,82	109,40
Vt alv	310,68	31,94	no hay datos		276,78	32,05	168,22	15,77

Tabla 6.

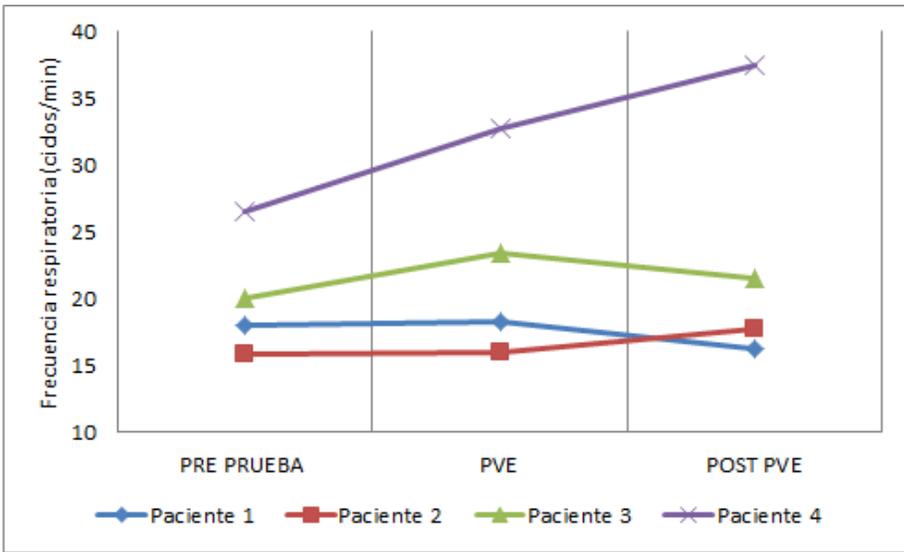


Figura 14.

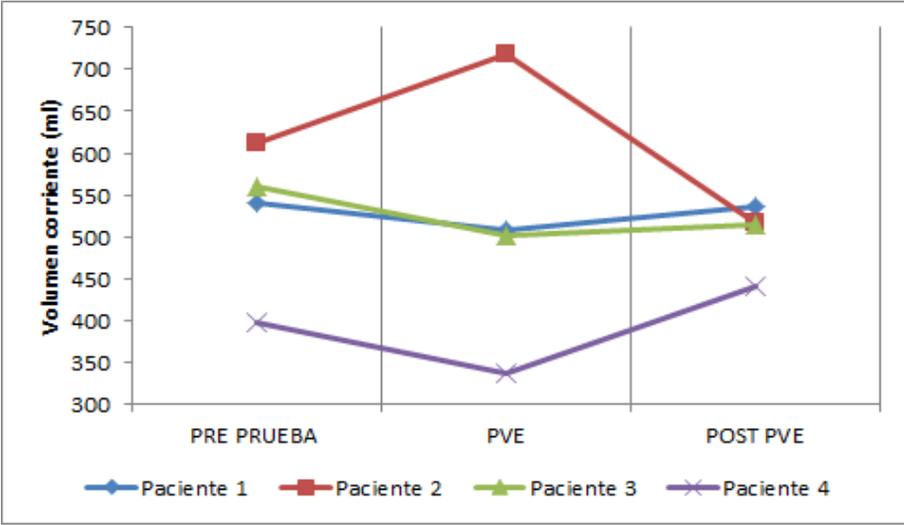


Figura 15.

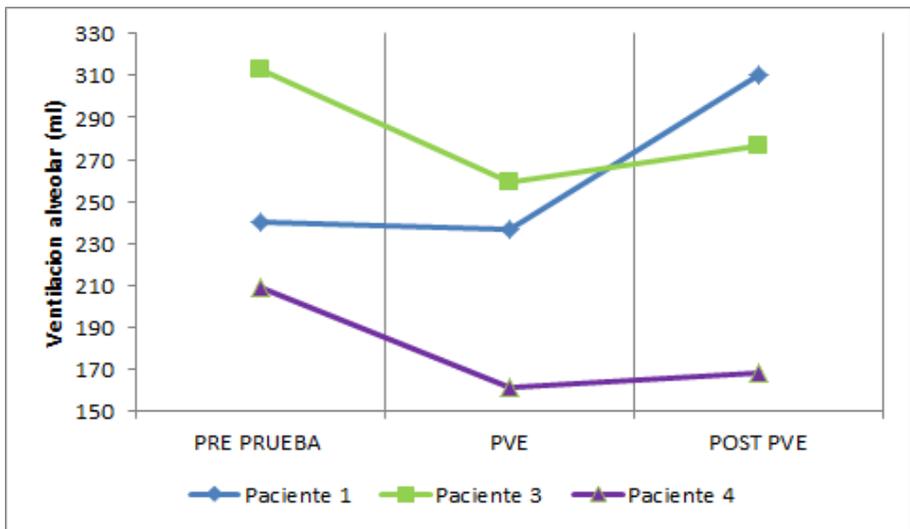


Figura 16.

Observando la gráfica obtenida de la variación de la ventilación alveolar durante los 3 tiempos descritos, se evidenció un descenso de la ventilación alveolar durante la PVE. Antes de la prueba, se establece una PEEP entre 5 y 7 mmHg que favorece la espiración y el vaciamiento alveolar de todos los sectores del árbol bronquial colapsables. Durante la PVE, se desciende el nivel de PEEP, con el fin de disminuir el soporte ventilatorio, provocando un menor reclutamiento alveolar y colapso bronquioalveolar precoz, lo que da como resultado un menor vaciamiento alveolar. (Figura 17).

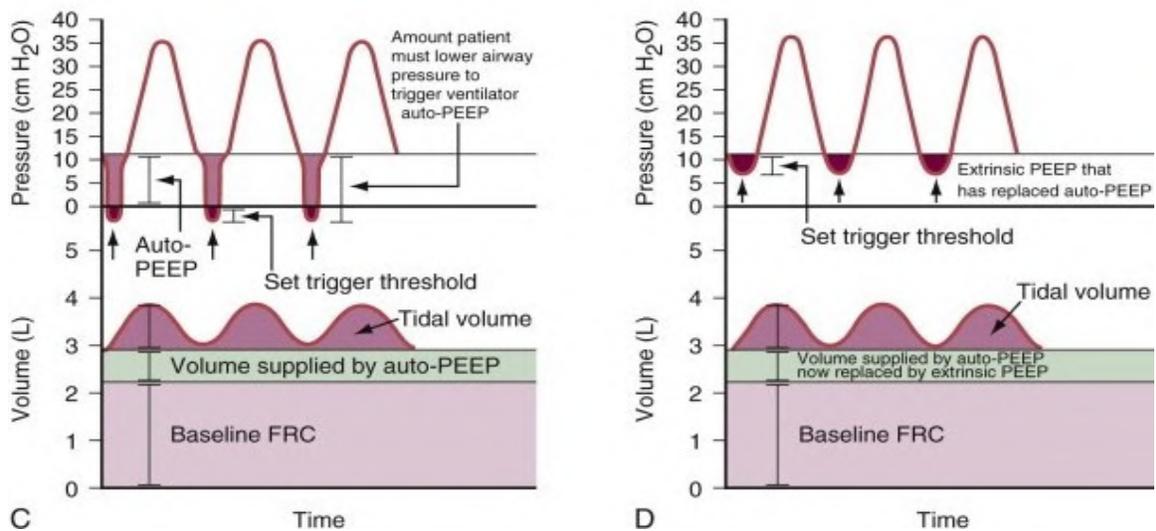


Figura 17. La aplicación de PEEP acerca el umbral de activación al nivel de presión alveolar al final de la espiración, reduciendo el esfuerzo respiratorio.²¹

DISCUSIÓN

Por tratarse de nuestra primera experiencia realizando una investigación científica, destacamos del proceso que se pudieron analizar satisfactoriamente los datos obtenidos del ventilador, los cuales contienen múltiples variables que corresponden a distintos pacientes candidatos de ser desvinculados de la ventilación mecánica, un momento crítico en la estadía de la persona en CTI, por los riesgos ya mencionados que conlleva este procedimiento. Se identificaron eventos que procuramos correlacionar con distintos fenómenos que acontecen durante la ventilación tales como: suspiros, ventilaciones asincrónicas, distintos niveles de vaciamiento pulmonar, entre otros. Partiendo de la base de que la PVE es de suma importancia dentro del proceso de desvinculación del paciente del ventilador y que influye fuertemente en la toma de decisiones, hemos diseñado una metodología que permite enfocarnos en uno de los aspectos vinculados al éxito o fracaso, a través del uso de la capnografía volumétrica.

Un aspecto a tener en cuenta fue la dificultad presentada a la hora de recolectar pacientes que pudieran formar parte de la investigación, lo cual no impidió que adquiriésemos las aptitudes del área de trabajo.

A partir de los datos que se lograron obtener, pudimos confirmar que es posible recabar información de calidad a través de las imágenes grabadas y hemos podido identificar, al menos de manera preliminar, algunos eventos que catalogamos como esperados y otros como novedosos dentro del análisis de este trabajo.

Consideramos que se pudieron recolectar datos potencialmente valiosos para que un futuro estudio, en el cual se disponga de una mayor cantidad de pacientes sea útil para valorar si la existencia de repetidas fases IV en la capnografía volumétrica es efectivamente un indicador de éxito o fracaso del destete.

La fase IV se puede presentar como una marcada elevación al final de la curva del capnógrafo, precedida por el trazo horizontal de la fase III que corresponde al vaciamiento alveolar, donde el contenido de CO₂ del aire espirado aumenta teniendo como resultado una imagen como se observa en la Figura 5. Existe una constante liberación de este gas debido al retraso del vaciamiento alveolar en la última parte de la espiración.

Por otro lado, cabe mencionar la suma importancia que significa para nuestra formación y

enriquecimiento tanto profesional como personal salir de la zona de confort, adentrándonos en un área desconocida para nosotros y trabajando en lo que refiere a un punto muy específico de la especialidad, tanto por el contenido teórico así como el manejo práctico de los equipos de ventilación, conformando una experiencia académica útil y muy ilustrativa.

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal del centro de cuidados intensivos del Hospital de Clínicas "Dr. Manuel Quintela", a los pacientes y sus familias por ser parte fundamental e indispensable para nuestro proceso de formación profesional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chiappero, G and Villarejo F. Libro del Comité Crítica de la SATI. 1era ed. Panamericana EM, editor. Buenos Aires; 2005. 1-8 p.
2. Chiappero, G and Villarejo F. Libro del Comité Crítica de la SATI. 1era ed. Panamericana EM, editor. Buenos Aires; 2005. 10-21 p.
3. Gutiérrez F. Artículo de revisión Ventilación mecánica Mechanical Ventilation. Acta Med Per [Internet]. 2011;28(2):87-94 p. Disponible en:
<http://tratado.uninet.edu/c120102.html>
4. Arata , A and Francheschini C. Ventilación Mécanica. 1era ed. Buenos Aires: Buenos Aires: Journal; 2008. 13-19 p.
5. Gutierrez Muñoz, F. Ventilación Mecánica. Acta Medica Peru [Internet]. 2011 [citado el 1 de Octubre 2019];28(2):87-94 p. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006
6. Arata , A and Francheschini C. Ventilación Mécanica. 1era ed. Buenos Aires: Buenos Aires: Journal; 2008. 85-105 p.
7. Chiappero, G and Villarejo F. Libro del Comité Crítica de la SATI. 1era ed. Panamericana EM, editor. Buenos Aires; 2005. 243-244 p.
8. Esper RC. Ventilación Mecanica. 2013;1:416 p. Disponible en:
<http://cvoed.imss.gob.mx/COED/home/normativos/DPM/archivos/coleccionmedicinadeexcelencia/19 Ventilación mecánica-Interiores.pdf>
9. Chiappero, G and Villarejo F. Libro del Comité Crítica de la SATI. 1era ed. Panamericana EM, editor. Buenos Aires; 2005. 236-238 p.

10. Facciola N. Prueba de ventilación espontánea en pacientes ventilados. Evaluación del cumplimiento de pautas protocolizadas contra análisis del equipo asistencial. *Rev Medica del Uruguay*. 2017;33(3):187-194 p.
11. Chiappero, G and Villarejo F. Libro del Comité Crítica de la SATI. 1era ed. Panamericana EM, editor. Buenos Aires; 2005. 242-243 p.
12. Robles MH. Capnografía volumétrica : herramienta por excelencia para evaluar la ventilacion alveolar en tiempo real. *Bibl Cent Pedro Zulen*. 2013;21(2):78-80 p.
13. Chiappero, G and Villarejo F. Libro del Comité Crítica de la SATI. 1era ed. Panamericana EM, editor. Buenos Aires; 2005. 59-60 p.
14. Ortega-García JPA. Monitoreo respiratorio. Capnografía. *Rev Mex Anesthesiol*. 2013;36(SUPPL.1):101-103 p.
15. Heili-Frades S, Suarez-Sipmann F, Santos A, Carballosa MP, Naya-Prieto A, Castilla-Reparaz C, et al. Continuous monitoring of intrinsic PEEP based on expired CO2 kinetics: An experimental validation study. *Crit Care*. 2019;23(1):1-8 p.
16. Dueck R, Wong E, Prisk G HR. Capnographic identification of end-expiratory flow limitation. *Respir Physiol Neurobiol* [Internet]. 2018. 13 p. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569904817304123>
17. Rodriguez R, Olivera A, Viotti R, Techera F, Ruiz Diaz E CM. Monitorización multimodal de la prueba de ventilación espontánea durante el proceso de desvinculación de la asistencia ventilatoria mecánica en pacientes críticos. Hospital de Clínicas, Montevideo 2018.
18. Baz. M; Hurtado. J; Castroman. P; Piriz. H. Fisiopatología mecanismos de las disfunciones orgánicas. En Montevideo: Oficina del Libro FEMUR; 2006. 399-418 p.

19. Biestro A. Desvinculación de la ventilación mecánica. En: Cuadrado, editor. CTI Protocolos. Montevideo; 2015. 273-280 p.

20. Correger E, Murias G, Chacon E, Estruga A, Sales B, Lopez-Aguilar J, et al. Interpretación de las curvas del respirador en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda. Med Intensiva. 2012;36(4):294-306 p.

21. Brander L, Slutsky A. Dynamic Hyperinflation Learn more about Dynamic Hyperinflation Invasive Mechanical Ventilation. In: Spiro SG, Alvar A, Silvestri GA, editors. Clinical Respiratory Medicine [Internet]. 4ta ed. Elsevier; 2012. 406–430 p.

ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Fecha: __/__/__

INFORMACIÓN PARA EL FAMILIAR

Centro de Tratamiento Intensivo (CTI)

Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”

Somos un grupo de estudiantes de medicina que junto con parte del equipo médico del CTI, estamos trabajando en un proyecto de investigación.

Diariamente los médicos evalúan a los pacientes que están conectados a un respirador artificial (tubo) y definen si podrían o no volver a respirar por si solos.

Cuando el paciente se encuentra en condiciones, se realiza una prueba durante 30 minutos para definir si le quitan el tubo por completo o no. Durante esta prueba se analiza al paciente al inicio y al final, definiendo entonces si tiene las condiciones suficientes como para intentar respirar solo.

El objetivo de nuestra investigación es analizar al paciente durante toda la prueba (5 minutos antes, durante los 30 minutos y luego de finalizada) grabando los controles que se le realizan con dos videocámaras, junto con algunos datos de su historia clínica.

Éste estudio no implica riesgos físicos, emocionales, sociales o de otra índole para el paciente, no se tomarán muestras de sangre ni de ningún tipo. No cambia su tratamiento ni su pronóstico. Tampoco el paciente obtendrá un beneficio directo o inmediato, ni se dará una remuneración económica a cambio de participar.

Los resultados obtenidos serán con fines de progresar y mejorar la asistencia de futuros enfermos que se encuentren en la misma condición que su familiar, no implican ningun cambio en el tratamiento que se está realizando en este momento o en el futuro. Tampoco habrá ningún cambio en el tratamiento si usted no autoriza la participación. El ingreso al estudio es voluntario.

La información sobre el paciente se manejará con total confidencialidad, no siendo posible la identificación del mismo en ninguna grabación de video, ni en los datos clínicos a la hora de publicar los datos del proyecto.

Participar del estudio es un acto voluntario y como tal, puede usted acceder o no. En caso de la primera opción, podrá cambiar de opinión en cualquier momento. Su decisión no cambiará en absoluto la calidad de atención del paciente, pero recuerde los beneficios futuros que pueden tener los resultados obtenidos.

Todas las dudas y/o preguntas que sean de su interés, podrá realizarlas al equipo responsable antes, durante o incluso al finalizar el estudio.

Fecha: __/__/__

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este consentimiento es para aceptar participar de la investigación médica antes detallada.

El día de la fecha, he leído y comprendido la información sobre el estudio que se titula:

“Capnografía volumétrica y vaciamiento pulmonar durante la desvinculación de la Ventilación Mecánica en el Hospital de Clínicas en el período de abril a octubre de 2019”.

Se me ha explicado de forma clara y detallada el objetivo del estudio, así como también su metodología. He podido realizar todas las preguntas de mi interés y he obtenido respuestas a las mismas.

Acepto participar en forma voluntaria, entendiendo que podré retirarme cuando lo desee sin necesidad de explicar los motivos de abandono, y sin que esto influya en la calidad de la asistencia brindada por equipo de salud tratante.

Se me ha explicado claramente que la identidad del paciente será absolutamente confidencial y no será revelada bajo ninguna circunstancia.

Nombre del participante o familiar:

Cédula de Identidad:

Dirección:

Teléfono:

Firma: _____

Aclaración: _____

Investigador responsable:

Nombre:

Teléfono:

Firma: _____

Aclaración: _____

RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
HOSPITAL DE CLÍNICAS
"DR. MANUEL QUINTELA"
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE COMISIONES
COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Montevideo, 15 de Julio de 2019

Se transcribe resolución del Comité de Ética del Hospital de Clínicas de fecha 10 de Julio de 2019

En relación al proyecto presentado por el Centro de Tratamiento Intensivo

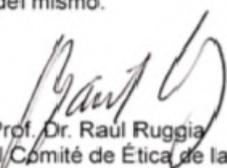
"Capnografía volumétrica y vaciamiento pulmonar durante la desvinculación de la ventilación mecánica en el Hospital de Clínicas en el período abril – octubre de 2019 "

Estudiantes: Bres. Victoria Carbone, Mauro Cardoso, Victoria de Boni, Carlos Gandulia, Carla Módena, Pablo Montiel

Docente orientador: Dr. Arturo Briva

El Comité de Ética de la Investigación del Hospital de Clínicas resuelve aprobar la realización de este proyecto en esta Institución.

La aprobación otorgada por este Comité de Ética es desde el 10 de Julio de 2019 hasta la fecha de finalización del mismo.



Prof. Dr. Raúl Ruggia

Coordinador del Comité de Ética de la Investigación

Integrantes del Comité de Ética del Hospital de Clínicas

Prof. Dr. Raúl Ruggia	Coordinador – Ex Director de Neuropediatría
Dra. Gabriela Ballerio	Abogada- Asistente Académica de Dirección
Prof. Adj. Dra. Aurana Erman	Ex- Profesora Adjunta de Neurocirugía Especialista en Medicina Legal
Prof. Agda. Lic. Enf. Inés Umpiérrez	Integrante Licenciada en Enfermería
Prof. Adj. Dra. Leticia Cuñetti	Ex- Profesora Adjunta de Farmacología y Terapéutica Especialista en Nefrología y Farmacología
Lic. Psic. Sandra Torres	Secretaria Administrativa