



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**HOSPITAL JUAREZ DE MEXICO
SECRETARIA DE SALUD**

Estrategias ventilatorias utilizadas en el retiro de la ventilación mecánica. Experiencia en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Juárez de México en el período 2014-2015.

**TESIS
PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA CRITICA.**

**PRESENTA
DR. BYRON ISRAEL TERCERO GUEVARA**

**TUTOR:
DR. GUILLERMO DAVID HERNANDEZ LOPEZ**



HJM 0039/15-R

**Ciudad de México
Febrero del 2016**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AUTORES

TUTOR DE TESIS
DR. GUILLERMO DAVID HERNANDEZ LOPEZ ⁽¹⁾

TESISTA
DR. BYRON ISRAEL TERCERO GUEVARA ⁽²⁾

⁽¹⁾ Médico Adscrito al Departamento de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, Hospital Juárez de México, SSA., Ciudad de México. Teléfono: 57477560. Correo electrónico: guillemodavidhernandez@gmail.com.

⁽²⁾ Médico egresado de la Especialidad de Medicina Crítica, Hospital Juárez de México, SSA., Ciudad de México. Teléfono: 5512357566. Correo electrónico: byronisrael33@gmail.com

Dirección: Avenida Instituto Politécnico Nacional, Número 5160, Colonia Magdalena de Salinas. Delegación Gustavo A. Madero. Código postal 06600, Ciudad de México.

Dr. Carlos Viveros Contreras
Titular de la Unidad de Enseñanza
Hospital Juárez de México
Secretaría de Salud

Dr. Jorge Alberto Del Castillo Medina
Jefe de Posgrado
Hospital Juárez de México
Secretaría de Salud

Dr. Jorge Castañón González
Profesor Titular del Curso Universitario de Medicina Crítica
Jefe de la Unidad de Terapia Intensiva
Hospital Juárez de México
Secretaría de Salud

Dr. Guillermo David Hernández López
Médico Adscrito a la Unidad de Cuidados Intensivos
Tutor de Tesis
Hospital Juárez de México
Secretaría de Salud

Dr. Byron Israel Tercero Guevara
Médico Egresado de la Especialidad de Medicina Crítica
Hospital Juárez de México
Universidad Nacional Autónoma de México

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Creador y Padre de la Vida, artífice de este sueño, al convertirlo en realidad.

A mi familia: María Elsa e Israel, mis padres Jorge y Rosario, y mis hermanos por todo el apoyo brindado de manera incondicional.

A mis maestros de la Medicina Crítica, por su dedicación, paciencia y confianza hacia mi persona.

A mis pacientes, quienes son nuestra razón de ser en el arte médico.

A mi Hospital y mi Universidad.

INDICE

CONTENIDO		PAGINA
I.	AUTORES	2
II.	HOJA DE FIRMAS	3
III.	AGRADECIMIENTOS	4
IV.	INDICE	5
V.	ABREVIATURAS	6
VI.	RESUMEN	7
VII.	MARCO TEORICO	8
VIII.	JUSTIFICACION	27
IX.	OBJETIVOS	29
X.	MATERIAL Y METODOS	30
XI.	RESULTADOS	34
XII.	DISCUSION	41
XIII.	CONCLUSIONES	45
XIV.	RECOMENDACIONES	46
XV.	BIBIOGRAFIA	47

ABREVIATURAS

- CPAP:** Presión continua de la vía aérea
- PSV:** Ventilación con presión soporte
- ASV:** Ventilación con soporte adaptativo
- VAP:** Ventilación asistida proporcional
- PRVC:** Presión regulada controlado por volumen
- MMV:** Ventilación mandatoria minuto
- SIMV:** Ventilación mandatoria intermitente sincronizada
- BIPAP:** Sistema de bipresión positiva
- VM:** Volumen Minuto
- NIF:** Fuerza inspiratoria negativa
- P0.1:** Presión de oclusión de la vía aérea
- f/Vt:** relación entre frecuencia respiratoria y Volumen Tidal
- O₂:** Oxígeno
- HJM:** Hospital Juárez de México
- PEEP:** Presión positiva al final de la espiración
- SSA:** Secretaría de Salud
- SIRA:** Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda
- UCI:** Unidad de cuidados Intensivos

RESUMEN

Introducción: No existen estudios sobre estrategias de retiro de la ventilación mecánica en la UCI del Hospital Juárez de México, por ende este estudio nos permitirá conocer las modalidades ventilatorias empleadas en el retiro de la ventilación mecánica, tanto convencionales como avanzadas, y el éxito o fracaso asociado a cada estrategia. Esta será la primera investigación realizada en el proceso de liberación de la ventilación mecánica, que servirá de base para futuros estudios en este campo.

Objetivo: Conocer los modos ventilatorios convencionales y avanzados utilizados en el retiro de la ventilación mecánica durante el período 2014-2015 en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Juárez de México.

Material y métodos: Estudio descriptivo, retrospectivo, observacional, realizado en el período del 2014-2015. Obtuvimos los datos de registros clínicos de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos y que requirieron ventilación mecánica. Los datos se reportaron con técnicas de estadística descriptiva.

Conclusiones: El porcentaje de extubaciones fallidas fue de 25% en este trabajo de investigación, el 50% tenían como diagnóstico SIRA de origen pulmonar, el 95% tenían más de 7 días en ventilación mecánica y el 90% una estancia mayor de 7 días. El modo ventilatorio que presentó la menor proporción de extubaciones fallidas, fue el modo ASV, con un 20% de extubaciones sin éxito; seguido del modo convencional CPAP/PSV con un 24.5% de extubaciones fallidas.

MARCO TEORICO

RETIRO DE LA VENTILACION MECANICA

Se puede considerar como destete o “*weaning*” el proceso de desconexión del ventilador mecánico, mediante el cual el paciente asume de nuevo la respiración espontánea. El proceso de retirada de la ventilación mecánica ha de conllevar en la mayoría de los casos la retirada posterior del tubo endotraqueal, para restituir al paciente a su situación de partida.

En la mayor parte de los casos, el paciente puede reasumir la respiración espontánea con facilidad, tras haber superado el proceso que motivó el inicio de la ventilación mecánica, mientras que otros van a requerir un período más prolongado para poder liberarse de ella. En cualquier caso el proceso de desconexión de la ventilación mecánica ocupa aproximadamente el 40% del tiempo total de la ventilación mecánica. Esto permite considerar que todo aquello que modifique el período de desconexión va a tener una gran repercusión sobre el tiempo total que el paciente va a permanecer con la ayuda del respirador.¹⁻²

La desconexión o destete va a dar comienzo una vez que se haya producido una mejoría o reducción de la patología que motivó el inicio de la ventilación mecánica, y ante la presencia de una serie de criterios clínicos y funcionales (Ver tabla 1).

- Criterios para el inicio de la prueba de respiración espontánea

-Relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 150$ o $\text{SaO}_2 \geq 90\%$ con $\text{FiO}_2 \leq 0,40$ y $\text{PEEP} \leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$.

-Estabilidad hemodinámica definida como ausencia de hipotensión clínicamente significativa o que no requiere fármacos vasoactivos o requiere fármacos vasoactivos a dosis bajas (dopamina o dobutamina $< 5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$).

-Temperatura $\leq 38^\circ\text{C}$.

-Hemoglobina $\geq 8 \text{ gr}/\text{dl}$.

-Nivel de conciencia adecuado, sin recibir sedación de manera continua.

¿CÓMO PODEMOS PREDECIR EL ÉXITO DEL DESTETE?

Entre el 13% y el 18% de los pacientes que son extubados van a requerir en el transcurso de las 48 horas siguientes una nueva intubación y restauración de la ventilación mecánica, y este grupo presenta una mortalidad que se sitúa por encima del 30%. Por ello resulta de gran interés el poder identificar antes de la desconexión y extubación, qué pacientes van a fracasar.

Con este fin se ha tratado de encontrar un índice predictivo del éxito o de fracaso que nos permita tomar la decisión adecuada. Estos criterios han de reunir una serie de características para resultar útiles en la práctica clínica. Han de ser reproducible, sencillo de medir, fácil de determinar y sobre todo eficaz para lograr predecir el objetivo que se propone. Este objetivo, es el de predecir la capacidad de los pacientes para soportar la ventilación espontánea y sobre todo la extubación. Con este fin se han utilizado una serie de parámetros que se basan fundamentalmente en la valoración de la capacidad ventilatoria y pueden resumirse en varios apartados.³⁻⁶

PREDICTORES DE RETIRO DE LA VENTILACION MECÁNICA

Medidas de función neuromuscular

- Presión inspiratoria máxima (P_Imáx)
- Presión de oclusión de vía aérea (P_{O.1})
- Capacidad vital
- Ventilación máxima voluntaria (VM)
- Esfuerzo inspiratorio relativo
- Índice tensión-tiempo
- Cociente de esfuerzo inspiratorio
- Impedancia inspiratoria efectiva
- Tasa máxima de relajación diafragmática
- Umbral de reclutamiento de CO₂

Medidas de carga de los músculos respiratorios

- Volumen minuto (VM)
- Compliance del sistema respiratorio

Medida del efecto del weaning en otros órganos

- pH y PCO₂ de la mucosa gástrica
- Saturación venosa mixta

Índices integrados

- Índice de respiración rápida y superficial o de Yang-Tobin (fr/Vt)
- Índice CROP

Presión inspiratoria máxima (P_{Imáx}, Fuerza inspiratoria negativa)

La presión máxima generada en un esfuerzo inspiratorio, realizado desde la capacidad funcional residual, se utiliza frecuentemente para evaluar la fuerza de los músculos respiratorios. En condiciones normales el hombre puede realizar una P_{Imáx} superior a 100 cmH₂O (presión negativa). Para predecir un destete satisfactorio se utiliza un umbral de presión entre -20 y -30 cmH₂O.³ La medición de la P_{Imáx} requiere el esfuerzo y la cooperación del enfermo por lo que, a veces, es difícil obtener una medida adecuada. Para mejorar su realización y reproducibilidad, se utiliza el método descrito por Truwitt y Marini que no depende de la cooperación del enfermo. La vía aérea se ocluye durante 20-25 segundos con una válvula unidireccional que permite al paciente exhalar pero no inhalar, obligando al enfermo a realizar un gran esfuerzo inspiratorio.⁴

Presión de oclusión de la vía aérea (P0.1)

La presión de oclusión de la vía aérea es la presión medida a los 100 milisegundos de iniciarse un esfuerzo inspiratorio frente a una vía aérea ocluida. Aunque es una presión negativa, los valores de P0.1 se indican en valores positivos; en personas sanas el valor de P0.1 suele ser menor de 2 cmH₂O.⁵

Este índice es una medida del estímulo respiratorio; un estímulo elevado durante la respiración espontánea podría dar lugar a un desequilibrio entre la carga mecánica y la función neuromuscular; se utiliza como umbral como predictor de éxito en el retiro de la ventilación mecánica los valores menores a 0.3 cmH₂O.

Capacidad vital

La capacidad vital integra la fuerza de los músculos respiratorios y la impedancia del sistema respiratorio, pero es muy dependiente del esfuerzo del paciente y de su nivel de cooperación. El valor normal de la capacidad vital se encuentra entre 65 y 75 ml/Kg. Se ha sugerido que un valor mayor de 10 ml/kg predice el éxito del destete, pero éste no se ha comprobado que tenga utilidad clínica.⁶⁻⁷

Volumen minuto (VM)

El volumen minuto es la ventilación total en litros por minuto. Su relación con la PCO₂ es un buen indicador de las demandas a las que está siendo sometido el sistema respiratorio. La PCO₂ arterial es proporcional a VCO₂/Va, por ende ventilación alveolar(Va) $Va = VM - Vd$ (volumen de espacio muerto). Cualquier proceso que aumenta VCO₂ o Vd aumenta los requerimientos de VM para mantener una PCO₂ normal y, como consecuencia, la carga de los músculos respiratorios. VCO₂ está determinada por la tasa metabólica total y aumenta en diversas circunstancias fisiológicas y patológicas: ejercicio, quemaduras, fiebre, fracaso multiorgánico e hipertiroidismo.⁸⁻⁹

Tradicionalmente se ha considerado que un VM < 10 L/min se asocia con el éxito del destete, pero sucesivos estudios, con diferentes puntos de corte, han confirmado a este parámetro como un mal predictor del éxito del destete, llegándose a establecer el umbral de 10-15 L/min como predictor de retiro.^{10,11-13}

Mientras que unos niveles altos de VM (> 15 L/min.) pueden ayudar a identificar a los pacientes que no son capaces de mantener la respiración espontánea, unos niveles inferiores no predicen el éxito de la desconexión.

Compliance del sistema respiratorio

La compliance estática del sistema respiratorio describe la relación volumen-presión de los pulmones y la pared torácica. La medida simple de la compliance se ha sugerido como un predictor útil del éxito o fracaso del destete sobre la base teórica de que un sistema respiratorio rígido podría predisponer al fracaso de la desconexión. Sin embargo, como se describe en el trabajo publicado por Yang y Tobin, una compliance estática de 33 ml/cmH₂O tan sólo tiene un valor predictivo positivo de 0.60 y un valor predictivo negativo de 0.53.¹⁰

El índice de Yang y Tobin

Ha sido el más frecuentemente utilizado, considerado como valor predictivo en los últimos años y tiene buena sensibilidad, pero su especificidad es inferior al 50. Es fácil de medir y calcular, resultando del cociente entre la frecuencia respiratoria y el volumen tidal, con un valor de corte propuesto ≤ 105 , siendo el más preciso de los índices predictivos.

PROTOCOLOS DE DESTETE

Ante la ausencia de al menos un índice predictivo que goce de una exactitud diagnóstica que resulte útil para la práctica clínica, se ha propuesto la utilización de equipos multidisciplinarios (médicos, enfermeras y fisioterapeutas) de destete. La utilidad de la implementación de estos equipos para reducir el tiempo de destete y por ello del tiempo que el paciente se mantiene dependiente del respirador ha sido evaluada en numerosos estudios. Los resultados muestran una mejoría en la identificación precoz de los pacientes capaces de mantener su respiración espontánea y ser extubados. Esta labor eficaz puede ser conseguida con similar resultado, si contamos con un protocolo de destete que se aplique sistemáticamente en la Unidad de Cuidados Intensivos a todos los pacientes con ventilación mecánica.

PRUEBA DE RESPIRACIÓN ESPONTÁNEA

Una vez que se dan las características referidas en la tabla 1, el paciente se encuentra en las condiciones de mostrar si es capaz de reasumir su respiración, y para esto el método más sencillo es el de realizar una prueba de respiración espontánea. Aproximadamente un 80% de los pacientes va a tolerar esta primera prueba y va a poder ser extubado. Tan sólo un 20% no va a tolerar la prueba y habrá de ser reconectado al respirador para realizar otro intento más adelante. Podemos considerar arbitrariamente que el primer grupo corresponde al destete fácil y el segundo al difícil. El fracaso durante la realización de una prueba de respiración espontánea a través del tubo endotraqueal, podría estar causado por el trabajo adicional que conlleva el hacer pasar el aire a lo largo de un tubo de aproximadamente treinta centímetros de longitud y 8 a 9 milímetros de diámetro. Por este motivo se consideró a partir del estudio de Nathan y col. que una presión de soporte de 7-8 cmH₂O podría compensar el incremento de trabajo que representa respirar a través del tubo.³¹

Estos datos planteaban la duda de si la prueba de ventilación espontánea ha de hacerse con un tubo en T, o con una presión de soporte de 7-8 cmH₂O. La primera, al hacer respirar al paciente contra una mayor resistencia tendría una menor sensibilidad (más pacientes que podrían ser extubados fracasarían durante la prueba) y una mejor especificidad (un menor número será reintubado tras pasar la prueba y ser extubado). Por el contrario la presión de soporte sería menos sensible (la ayuda permitiría pasar la prueba a pacientes que no están en condiciones de ser extubados) y menos específica (un mayor porcentaje de los que pasen la prueba va a requerir reintubación).

El Spanish Lung Failure Collaborative Group en un estudio aleatorizado comparó ambos métodos para realizar la prueba de respiración espontánea, sin encontrar diferencias significativas entre el porcentaje de pacientes extubados y que permanecieron así a las 48 horas (63 % con tubo en T y 70 % con presión de soporte (P= 0.14).³² La duración de la prueba de respiración espontánea se ha establecido, de manera arbitraria, en dos horas, pese a que en numerosas ocasiones las muestras de intolerancia aparecen mucho antes. El Spanish Lung Failure Collaborative Group comparó dos periodos de tiempo diferentes (30 y 120 minutos), sin encontrar diferencias ni en las reintubaciones ni en el porcentaje de fracasos durante la prueba de ventilación espontánea.³³⁻³⁴⁻³⁵

A modo de resumen se puede considerar que no hay diferencia entre utilizar el tubo en T o la Presión de Soporte para realizar la prueba de ventilación espontánea y que una duración de 30 minutos es suficiente. En cualquier caso los factores que determinan la tolerancia del paciente a la prueba de ventilación espontánea y su posterior extubación, son fundamentalmente el adecuado intercambio gaseoso y el funcionamiento de los músculos respiratorios.

PRUEBA DE FUGA DEL BALON: La cantidad de aire fugado (> 25% o >110ml) del tubo endotraqueal después de desinflar el balón de neumotaponamiento ha sido usado para predecir la obstrucción de la vía aérea después de la extubación. El método no ha sido estandarizado y los resultados no están claramente fijados.

El fallar a una prueba de fuga no debe considerarse como indicador para demorar la extubación, pero si como indicador para aumentar la vigilancia en el momento de la extubación.

MODOS DE RETIRO DE LA VENTILACION MECANICA

Tubo en T

Durante muchos años, hasta el principio de los 70 en los que se incorporaron nuevos modos de soporte parcial, éste era el único método utilizado. Su aplicación se realizaba dejando al paciente respirar a través de un tubo en T, durante un corto período de tiempo, tras el cual se reconectaba al paciente al respirador, para posteriormente volver a utilizar el tubo en T un período más prolongado, y volver a reconectarle al respirador. De este modo se prolongaban progresivamente los períodos de ventilación espontánea hasta considerar que esta situación podía soportarse indefinidamente.

La ventaja del tubo en T es que ofrece poca resistencia al flujo de gas y no supone una carga extra de trabajo respiratorio ya que no hay ni circuitos ni válvulas como en el respirador. Sin embargo se recomienda que el flujo de oxígeno que se debe aportar por la rama inspiratoria debe ser al menos del doble de la ventilación minuto espontánea del enfermo, con el objetivo de alcanzar el pico del flujo inspiratorio del paciente o flujo instantáneo.³⁶ La principal desventaja de esta técnica es la falta de conexión al respirador y por tanto de monitorización, por lo que precisa una vigilancia estrecha por parte del personal de enfermería.

En los últimos años se ha comenzado a utilizar el tubo en T, no en períodos progresivamente prolongados, sino en una prueba única de 30-120 minutos, al cabo de los cuales se puede considerar al paciente listo para prescindir del respirador y ser extubado.

Presión positiva continua de la vía aérea (CPAP)

Algunos pacientes, como son los que requieren ventilación mecánica por una exacerbación de EPOC, se pueden beneficiar de probar la desconexión de la ventilación mecánica, utilizando niveles bajos de CPAP, alrededor de 6-8 cmH₂O, en lugar del Tubo en T.³⁷ Se ha mostrado que la desconexión con este método en los pacientes con EPOC y PEEP intrínseca, reduce la carga inspiratoria mecánica que supone el auto-PEEP, disminuyendo el trabajo respiratorio y la disnea.³¹

Ventilación sincronizada intermitente mandatoria (SIMV)

Se basa en la potencial sincronización entre las respiraciones espontáneas realizadas por el paciente y las respiraciones asistidas proporcionadas por el respirador. Estas últimas pueden estar limitadas bien por presión o por flujo. Su principal ventaja es la de facilitar la transición entre la ventilación asistida y la espontánea, y que parece disminuir el riesgo de alcalosis respiratoria y la necesidad de sedantes y relajantes musculares. De igual modo se considera que este modo ventilatorio previene la aparición de fatiga muscular, al permitir una adaptación adecuada del paciente a la ventilación mecánica y a cambios en la carga respiratoria. Sin embargo este no ha sido bien demostrado, mientras que por el contrario se ha descrito la presencia de un trabajo respiratorio adicional ligado a los sistemas de válvulas con las que cuentan algunos respiradores.

Cuando se utiliza la SIMV como método de destete se recomienda reducir las respiraciones mandatorias en pasos de 1 a 3, comprobando que el pH no baje de 7.30, hasta alcanzar un nivel de 4-5 respiraciones proporcionadas por el respirador. En este momento el paciente estaría en condiciones de ser desconectado definitivamente y eventualmente ser extubado.

Presión de soporte (PSV)

Este modo ventilatorio está controlado por el paciente, limitado por presión y ciclado por flujo. Cuando el flujo inspiratorio cae por debajo de un nivel preestablecido se produce el paso de inspiración a espiración. Estas características permiten al paciente un control casi completo de la frecuencia, el flujo, el tiempo inspiratorio y el volumen circulante. Pero esto también es su mayor inconveniente ya que un descenso en la actividad del centro respiratorio (lesiones o fármacos) puede producir un soporte ventilatorio inadecuado. El nivel al que se recomienda iniciar la desconexión con PSV es el que puede mantener la frecuencia respiratoria por debajo de 20 a 25 por minuto, que suele coincidir con 15-20 cmH₂O. Para continuar con la desconexión se recomienda disminuir la presión de soporte en pasos de 2-4 cmH₂O hasta alcanzar un nivel inferior a 7 cmH₂O con buena tolerancia por parte del paciente y entonces extubarle.³¹

Ventilación con presión positiva no invasiva (VNI)

En los pacientes con desconexión difícil se ha propuesto proceder a la extubación directamente y a aplicar ventilación no invasiva a través de una máscara. A continuación se procederá a reducir paulatinamente la presión aplicada y a introducir períodos sin soporte ventilatorio. Varios trabajos han mostrado las posibilidades de este método, pero sin embargo todavía no puede ser considerado como un método eficaz. No está bien definido qué pacientes se podrían beneficiar y, por otra parte, dos de los estudios no han mostrado beneficios claros, probablemente debido a lo reducido del tamaño muestral y un tercero ha incluido pacientes con unas características infrecuentes a juzgar por la evolución del grupo control.

Ventilación con soporte adaptativo/ Intellivent (ASV)

El modo ventilatorio ASV está basado en el principio fisiológico de Otis y Mead, que determina que para un nivel de ventilación alveolar dado, existe una frecuencia respiratoria óptima que resulta en el menor trabajo respiratorio, una suerte de *ley del mínimo esfuerzo*. Según este principio, para alcanzar una misma ventilación alveolar, a frecuencias muy bajas se necesita un mayor volumen tidal (V_t), aumentando el trabajo para vencer la carga elástica del sistema respiratorio. Por el contrario, a frecuencias altas el trabajo respiratorio debe aumentar para vencer la carga resistiva, patrón caracterizado por la respiración rápida y superficial. Entre estos 2 extremos se encontraría la combinación óptima de frecuencia y volumen para alcanzar la ventilación alveolar deseada.

Ecuación de Otis

$$f_{\text{objetivo}} = \frac{\sqrt{1 + 2a \cdot RC_e \cdot (MV - f \cdot V_D) / V_D} - 1}{a \cdot RC_e}$$
$$V_t_{\text{objetivo}} = \frac{MV}{f_{\text{objetivo}}}$$

f= frecuencia respiratoria

V_t = volumen tidal

RC= resistencia de la vías aérea x compliance respiratoria

MV= volumen minuto

V_d = espacio muerto

$a = (2\pi^2/60) = 0.33$ (constante para flujo sinusoidal)

El modo ventilatorio ASV es en realidad un modo mixto que puede funcionar como un modo controlado o asistido en función de la contribución del paciente. El operador fija un porcentaje de volumen minuto (VM) basado en el peso corporal ideal del paciente, siendo la principal variable a programar.

Este modo asegura un volumen minuto, optimizando el patrón respiratorio hasta un punto de mayor rendimiento energético, independientemente de la actividad o esfuerzo del paciente. De esta forma el ASV reemplaza a otros modos ventilatorios diseñados únicamente para una fase específica de la ventilación mecánica, ya que puede ser utilizado para soporte ventilatorio total o parcial durante el inicio, mantenimiento o destete de la ventilación mecánica. En este sentido como modo asistido, el ASV ha sido estudiado principalmente como modo para facilitar el destete.

Recientemente el modo ASV ha introducido mejoras añadiendo al algoritmo un control de asa cerrada para el CO_2 final espiratorio (etCO_2) y la saturación de oxígeno. El resultado es un sistema ASV evolucionado llamado **IntelliVent** que permite implementar una estrategia ventilatoria protectora, tanto en la fase de control como en la asistencia para el destete. En los pacientes en fase de retiro de la ventilación mecánica, el algoritmo del ASV irá reduciendo progresivamente y automáticamente la presión inspiratoria. La desconexión es completa cuando todas las respiraciones sean espontáneas y el paciente mantenga un adecuado intercambio gaseoso durante unas horas con una presión inspiratoria menor de 8 cmH_2O .⁵²⁻⁵³

Ventilación asistida proporcional (VAP)

Es un modo ventilatorio asistido sincronizado en el que el ventilador proporciona una asistencia en presión proporcional al esfuerzo instantáneo del paciente. En el sistema VAP el ventilador detecta el esfuerzo inspiratorio que realiza el paciente. Esto se consigue mediante la medida precisa del flujo y del volumen que abandonan el ventilador hacia el paciente. Ambos están en función del descenso inspiratorio de la presión alveolar que el paciente genera mediante su contracción muscular. El flujo y el volumen son amplificados mediante sendos controles de ganancia ajustables y la suma de ambos constituye la señal de control que genera la respuesta en presión del ventilador. El ventilador responde con la rápida entrega de flujo en respuesta a esta señal de control.

La proporcionalidad en la asistencia viene determinada por la ecuación del movimiento. Esta ecuación plantea que la presión total que es necesaria aplicar para insuflar el pulmón debe vencer la presión resistiva (flujo x resistencia) y la presión de retracción elástica (volumen x elastancia) del sistema respiratorio.

$$P_{total} = \text{flujo} \times \text{resistencia} + \text{volumen} \times \text{elastancia}$$

Durante la ventilación asistida la presión total es la suma de la presión generada por la contracción muscular del paciente (P_{mus}) y la presión generada por el ventilador (P_{vent}). Los niveles de asistencia en flujo y volumen son ajustados de forma independiente por el usuario. Para ello se necesita estimar las características mecánicas pasivas, resistencia y elastancia, al inicio del ajuste y de forma intermitente. Una vez conocidas, la asistencia en presión proporcionada por el ventilador viene determinada por la suma de la asistencia en flujo y volumen.

Recientemente se ha introducido una forma simplificada y mejorada llamada ventilación asistida proporcional con carga ajustable (VAP+). Este modo ha introducido 2 mejoras: 1) la medición no invasiva de la mecánica respiratoria de forma semicontinuada que permite un ajuste automático de asa cerrada del nivel de asistencia. Esta medición se realiza introduciendo breves pausas (300ms) al final de la inspiración cada 8-15 respiraciones que permiten estimar la resistencia y la elastancia; 2) el ajuste automático de un único nivel de asistencia en flujo y volumen que pasa a ser una fracción constante de los valores medidos de resistencia y elastancia. Durante la ventilación con VAP+ simplemente se necesita ajustar el porcentaje en el que el ventilador debe asistir el esfuerzo del paciente. Así un nivel de asistencia del 70% significa que el ventilador contribuirá con 70% a la presión total alcanzada, dejando el 30% restante al paciente.⁵²

Ajuste automatizado de la presión soporte/ NeoGanesh-Smart Care

Es un método automatizado de destete basado en el conocimiento. Transfiere a su algoritmo de control reglas de actuación basadas en el razonamiento clínico intentando reproducir los ajustes en PSV que realizaría un clínico en su contexto.

El sistema utiliza en su algoritmo de control los valores de volumen tidal (Vt), frecuencia respiratoria y etCO₂. Estos valores son promediados cada 2 min y proporcionan al algoritmo un diagnóstico ventilatorio. El sistema responde de la misma manera: 1) disminuye el nivel de PSV en el caso de un diagnóstico de sobreasistencia (ej. la combinación de un Vt alto con frecuencia y etCO₂ bajos), 2) aumenta el nivel de PSV en caso de asistencia insuficiente (aumento de la frecuencia junto a otros criterios adicionales).

El objetivo es llevar al paciente a una zona de bienestar respiratorio para poder iniciar el destete. Esta zona de bienestar se deriva de las características del paciente (peso, tipo de patología, tamaño del tubo endotraqueal, tipo de humidificador). El clínico introduce estos valores en el ventilador que son los que determinan los límites de Vt, frecuencia respiratoria, etCO₂ y los ajustes de PSV a realizar. El protocolo automatizado de destete pasa por una fase de adaptación automatizada del nivel de PSV, seguida de una fase automatizada de reducir la PSV y finalmente a una prueba de respiración espontánea automatizada.

SmartCare tiene el potencial de facilitar el proceso de destete, reduciendo la necesidad de recursos y disminuyendo el tiempo de ventilación mecánica. Estudios clínicos han mostrado datos algo discordantes respecto a este beneficio dependiendo si el grupo control incluía o no protocolo de destete y recursos (relación paciente/enfermera).⁵²

CLASIFICACION DEL RETIRO

Un estudio observacional en Europa involucró a 4559 pacientes en ventilación mecánica, de 349 UCI en el año 2004. Describieron el retiro del ventilador en un nuevo sistema de clasificación:

- Simple: retiro del ventilador después del primer intento (55%)
- Difícil: retiro del ventilador en 2 a 7 días después del intento inicial (39%)
- Prolongado: retiro del ventilador luego de 7 días del intento inicial (6%)

GRUPO/ CATEGORIA	DEFINICION
SIMPLE	Pacientes que son extubados exitosamente en el primer intento de retiro sin mayor dificultad.
DIFICIL	Pacientes que fallan al primer intento de retiro y requieren hasta 3 pruebas de respiración espontánea o hasta 7 días para lograr un retiro exitoso.
PROLONGADO	Pacientes que han fallados al menos 3 pruebas de respiración espontanea o requieren más de 7 días para lograr un retiro exitoso.

En este último representan pacientes que estaban más graves, por ende tenían una mayor estancia en UCI, más días en ventilación mecánica y mayor mortalidad, que aquellos con un retiro simple.

Pacientes que requirieron ventilación mecánica más allá de 28 días son frecuentemente considerados que requieren ventilación mecánica prolongada. La población con ventilación mecánica prolongada está creciendo rápidamente, reflejo de muchos factores, como el envejecimiento de la población general y la habilidad del sistema de salud para mantener pacientes vivos por mayor tiempo, después de padecimientos devastadores o procedimientos quirúrgicos agresivos. Pacientes con ventilación mecánica prolongada se estima que son del 5-10% de todos los pacientes ventilados en USA, en quienes la mortalidad puede ser tan alta hasta un 35% y muchos de estos sobrevivientes serán retirados exitosamente del soporte ventilatorio, usualmente dentro de los primeros 90 días. Después de eso, la probabilidad de éxito del retiro es muy baja.⁵³

ESTUDIOS COMPARATIVOS

A mediados de los años 90 se publicaron dos grandes ensayos clínicos. En ambos casos se compararon diferentes métodos de desconexión, con el fin de saber cuál resultaba más eficaz para acortar este período. En el primero de ellos Brochard y cols. estudiaron 456 pacientes, de los que el 76% fueron extubados con éxito tras una prueba de ventilación espontánea de dos horas con tubo en T.⁴¹ El resto de los pacientes fueron distribuidos aleatoriamente a realizar la desconexión mediante una disminución progresiva de SIMV, hasta tolerar 2 a 4 respiraciones proporcionadas por el respirador por minuto, la presión soporte fue reducida paulatinamente hasta llegar a 8 cmH₂O, y tubo en T en períodos de tiempo progresivamente más largos hasta tolerar 2 horas. Los autores encontraron que la posibilidad de permanecer sin desconexión a los 21 días era significativamente menor cuando se utilizaba la Ventilación con presión de soporte (5.7 días) que en los otros dos grupos analizados conjuntamente, como uno sólo (9.3 días). Sin embargo cuando se comparaba la PSV con el tubo en T en períodos progresivamente prolongados, la diferencia no resultaba significativa. El grupo desconectado con SIMV, resultó peor y esta diferencia era significativa cuando se comparaba por separado con el tubo en T y la PSV.

Pocos meses después se publicó el estudio de Esteban y cols.,⁴² en el que compararon cuatro métodos de desconexión de la ventilación mecánica. Estos métodos fueron los tres previamente estudiados por Brochard y cols., y un cuarto consistente en realizar una única prueba diaria de ventilación espontánea con tubo en T de dos horas de duración. Si el paciente la toleraba era extubado y en caso contrario, era reconectado al respirador hasta 24 horas después en que se repetía de nuevo la prueba y así sucesivamente hasta que el paciente la toleraba y era extubado.

La tasa ajustada de destete con éxito (extubación y no necesidad de reintubación en las siguientes 48 horas) fue mayor con el método de la prueba única diaria de tubo en T que con SIMV (RR 2.83; IC 95% 1.36-5.89; P < 0.006) o con PSV (RR 2.05; IC 95% 1.04-4.04; P < 0.04), pero no significativamente diferente de las pruebas intermitentes y repetidas diarias de tubo en T (RR 1.24; IC 95% 0.64-2.41; P < 0.04).

Estos dos estudios junto a otros dos donde se comparan dos o más métodos de desconexión de la ventilación mecánica en pacientes con más de 72 horas conectados al respirador o que hubiesen fracasado al primer intento de desconexión tras más de 24 horas de ventilación mecánica, han sido analizados en una revisión sistemática.⁴³⁻⁴⁴⁻⁴⁵

Las diferencias en el diseño de los protocolos, fundamentalmente en el método utilizado para la reducción del soporte ventilatorio con la SIMV y la PSV, y en los criterios considerados para decidir la extubación, hacen que en esta revisión no haya sido posible identificar una técnica superior entre los tres modos comparados (tubo en T en períodos progresivamente prolongados, PSV y SIMV), pero sí que los resultados ponen de relieve que la SIMV puede prolongar el destete más que el tubo en T o la PSV.⁴⁵

La evaluación diaria de los pacientes que están en ventilación mecánica con el objetivo de identificar a aquellos que son capaces de respirar espontáneamente es, posiblemente, la medida que más disminuye la duración del soporte respiratorio. El mejor método para valorar la capacidad de respirar espontáneamente es la realización de una prueba de respiración espontánea con Tubo en T o presión de soporte de 7 cmH₂O. Tradicionalmente la duración de esta prueba de respiración espontánea ha sido de dos horas, pero el pronóstico del destete es similar si se reduce a 30 minutos. Los pacientes que fracasan en esta prueba de respiración espontánea constituyen el grupo de enfermos que precisan una retirada gradual de la ventilación mecánica, la cual se puede hacer con tubo en T o con ventilación con presión de soporte.

El modo ASV puede utilizarse como modo de retiro tanto en agudo como en crónico. Linton, condujo estudios de retiro utilizando ASV en pacientes respiratorios crónicos y demostró lo económico del retiro automatizado, sin la necesidad de terapeutas respiratorios o la atención continua de Intensivistas; 27 pacientes fueron colocados en ASV con objetivo de V_{min} de 90% de inicio y siendo reducido 10% semanalmente hasta 60% de objetivo de V_{min} , si era tolerado por los pacientes, de los cuales 20 pacientes fueron retirados exitosamente del ventilador dentro del lapso de 2 semanas a 2 meses en el primer año, luego del establecimiento de la facilidad.

Muchos estudios reportan la preferencia por el uso de ASV como modo ventilatorio para el cuidado posquirúrgico. Sulzer condujo un estudio prospectivo controlado randomizado en pacientes no complicados de cirugía cardíaca, y encontró que los pacientes en los que se utilizó ASV requirieron un período más corto de ventilación mecánica en relación a pacientes en los que se usó SIMV seguido de PSV.

Cassina condujo un estudio de cohorte observacional prospectivo de 155 pacientes consecutivos, después de cirugía cardíaca, y confirmó la seguridad de ASV; 134 pacientes (86%) fueron extubados con éxito dentro de 6 horas, con un promedio de 3.6 hrs (2.53-4.83) y no hubieron reintubaciones por falla respiratoria. Concluyendo que este modo facilita una rápida extubación en pacientes seleccionados y facilita el manejo ventilatorio en pacientes en el posoperatorio.

Recientemente Dogellman y colaboradores realizaron un estudio controlado randomizado en pacientes con bypass coronario, comparando tiempo de extubación en pacientes conectados a ASV con Ventilación controlada por presión/Presión soporte, demostrando que el modo ASV es seguro y útil para extubación, aunque el tiempo de extubación fue similar en ambas modalidades.

Gruber y colaboradores compararon ASV con PRVC (presión regulada volumen controlado), en pacientes posoperados de cirugía cardíaca sin complicaciones y demostraron que ASV resulta en un tiempo de extubación más corto con menor intervención del clínico en comparación con PRVC.⁵⁵⁻⁵⁷

Por otro lado respecto a la PSV, el modo VAP ha demostrado niveles de descarga muscular similares y una mejor compensación de la hipercapnia. En respuesta a un aumento en la carga elástica del 30%, Kondili y cols. mostraron una mayor eficiencia en la compensación (menor aumento del trabajo respiratorio) con VAP+ en comparación con PSV. Xirouchaki y cols. compararon la efectividad de PSV versus VAP+ para mantener pacientes críticos dependientes de ventilación mecánica en ventilación asistida. Encontraron que VAP+ aumentaba significativamente la probabilidad de permanencia en ventilación espontánea, además de reducir de manera importante la asincronía paciente-ventilador.⁵²

En relación al modo SmartCare, se realizó un estudio multicéntrico que incluyó a 92 pacientes con más de 24 horas en ventilación mecánica, el destete automatizado redujo en un día el tiempo de ventilación mecánica, así como la necesidad de traqueotomía en comparación con un grupo de destete convencional protocolizado.⁵²

JUSTIFICACION

Cerca de 800,000 pacientes que son hospitalizados en EUA cada año requieren apoyo con ventilación mecánica, y no existe duda que en años próximos este número se incrementará. La transición adecuada, eficaz y pronta de regreso a la ventilación espontánea y el retiro de la ventilación mecánica es tema clave en la práctica diaria en las unidades de cuidados críticos. Una vez que la condición que llevó a la ventilación mecánica ha empezado a mejorar, debe iniciarse la transición del soporte ventilatorio total hacia la respiración espontánea. Cambio que requiere de una fuerza muscular respiratoria suficiente por parte del paciente que le permita mantener una respiración espontánea adecuada y un intercambio gaseoso aceptable.

Existe evidencia en la literatura que la rápida discontinuación de la ventilación mecánica es beneficiosa. En un estudio prospectivo observacional realizado por Coplin y cols., donde se comparó la discontinuación de la ventilación mecánica 48 horas antes y después de cumplir los criterios, se encontró mayor mortalidad, mayor riesgo de neumonía y mayores días de estancia hospitalaria en el grupo en que la discontinuación de la ventilación mecánica se retrasó.

Los modos de ventilación espontánea brindan una asesoría de la habilidad del paciente para respirar mientras recibe soporte respiratorio mínimo o nulo. Los clínicos al momento usan varias estrategias de “ganancia” respiratoria para promover el retiro: ensayos en tubo en T, ventilación mecánica intermitente sincronizada, ventilación con presión soporte y ventilación asistida por software computacional de asa cerrada.

Los mayores avances en ventilación mecánica se han producido precisamente en el desarrollo de nuevos modos de ventilación asistida, impulsado por los marcados avances tecnológicos, estos nuevos modos ofrecen ventajas fisiológicas teóricas respecto a los modos tradicionales.

En este grupo se incluyen modos de control de asa cerrada que incorporan algoritmos y reglas de control que transfieren principios fisiológicos y del razonamiento clínico a protocolos automatizados de asistencia.

En función de diferentes objetivos fisiológicos clínicos realizan un ajuste automático del nivel de presión o del volumen minuto administrado al paciente, adaptándose a sus necesidades en el tiempo.

Estos modos avanzados de ventilación mecánica utilizados en el retiro de la ventilación mecánica, se basan en la ventilación con asistencia de software computacional, para mejorar la tolerancia de la ventilación mecánica, así como la interacción paciente-ventilador y reducir el trabajo respiratorio, entre los que se encuentran: Ventilación con soporte adaptativo (ASV), Ventilación con soporte adaptativo inteligente (Intellivent), Ventilación proporcional asistida (VAP) y Ventilación con presión soporte inteligente (SmartCare).

El control de Asa Cerrada implica una retroalimentación positiva o negativa, proveniente de la información de la mecánica del paciente, basado en mediciones realizadas en forma continua, las cuales permiten modificar o adaptar de manera más fisiológica o individualizada el soporte ventilatorio suministrado. Se ha expresado que puede existir ventaja clínica con el uso de los modos automatizados de ventilación en el retiro de la ventilación mecánica en relación a los métodos convencionales.

No existen estudios sobre estrategias de retiro de la ventilación mecánica en la UCI del Hospital Juárez de México, por ende este estudio nos permitirá conocer las modalidades ventilatorias empleadas en el destete de la ventilación mecánica, tanto convencionales como avanzadas, y el éxito o fracaso asociado a cada estrategia. Esta será la primera investigación realizada en el proceso de liberación de la ventilación mecánica, que servirá de base para futuros estudios en este campo.

PREGUNTA DE INVESTIGACION:

¿Cuáles son las estrategias ventilatorias, convencionales y avanzadas, empleadas en el retiro de la ventilación mecánica en la UCI del Hospital Juárez de México?

OBJETIVO GENERAL:

Conocer los modos ventilatorios convencionales y avanzados utilizados en el retiro de la ventilación mecánica durante el periodo 2014-2015 en la UCI del Hospital Juárez de México.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Investigar los diferentes modos ventilatorios utilizados en el retiro de la ventilación mecánica.
- Determinar los predictores de retiro y pruebas de respiración espontáneas utilizadas en el proceso de retiro de la ventilación mecánica.
- Conocer los tipos de retiro en relación al éxito o fracaso del retiro según el número de pruebas de respiración espontáneas realizadas en función del tiempo.
- Determinar el porcentaje de extubaciones fallidas en los diferentes modos de retiro de la ventilación mecánica.

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

TIPO DE ESTUDIO: Descriptivo, retrospectivo, observacional.

MATERIAL Y METODO

METODOLOGIA: Búsqueda y recopilación de los expedientes de pacientes adultos que requirieron ventilación mecánica, ingresados en la UCI del Hospital Juárez de México en el período 2014-2015. Obtención de información derivada de los expedientes clínicos, referentes a características demográficas al ingreso, modalidades ventilatorias, predictores de retiro, pruebas de respiración espontánea, porcentaje de extubaciones fallidas, tipo de retiro y duración en el retiro de la ventilación mecánica. Vaciado de la información en una base de datos electrónicos. Análisis de los datos obtenidos y elaboración de gráficas. Publicación de resultados y conclusiones.

UNIVERSO: Población de pacientes ingresados en el Hospital Juárez de México en el período 2014-2015.

POBLACION OBJETIVO: Pacientes adultos ingresados en la UCI del Hospital Juárez de México en el período 2014-2015.

MUESTRA: Pacientes adultos que requirieron ventilación mecánica invasiva ingresados en la UCI del Hospital Juárez de México en el período 2014-2015.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Pacientes mayores de 18 años.
- Pacientes con más de 24 horas en ventilación mecánica.
- Pacientes que tengan expedientes completos.

CRITERIOS DE NO INCLUSION:

-Pacientes que requirieron ventilación mecánica por un período menor de 24 horas.

-Pacientes que requirieron únicamente ventilación mecánica no invasiva.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

-Pacientes que fallecieron antes de iniciar el protocolo de retiro de la ventilación mecánica.

-Pacientes que fueron egresados de la UCI por irreuperabilidad.

LUGAR DE REALIZACION: Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Juárez de México.

PRUEBAS ESTADISTICAS: Se efectuara el análisis estadístico de los resultados a través del paquete Excel Office. Las variables se describirán mediante porcentajes o proporciones. Las variables numéricas se describirán mediante promedio, desviación estándar y valores min-max.

LINEA DE INVESTIGACION: Medicina Crítica/ Ventilación mecánica.

CONSIDERACIONES ETICAS: los datos serán debidamente tratados según las normas del INAI (Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales).

CONSENTIMIENTO INFORMADO: no aplica.

COSTO: sin costo para la institución.

CONFLICTO DE INTERESES: ninguno.

DEFINICION DE VARIABLES

VARIABLES DEMOGRAFICAS

Edad: se refiere al número de años cumplidos por el paciente al momento del ingreso.

Género: se define como el tipo sexual masculino o femenino.

Indice de masa corporal: se define como el cociente entre el peso del paciente en kilogramos y la talla en metros al cuadrado.

VARIABLES CUALITATIVAS

Diagnóstico: se refiere a la patología que llevó al paciente a requerir asistencia mecánica ventilatoria.

Tipo de retiro: se define según el éxito o fracaso en el retiro en función del número de pruebas de respiraciones espontaneas realizadas en un tiempo determinado (fácil, difícil o prolongado).

Prueba de respiración espontanea: se define como una prueba de respiración con parámetros ventilatorios mínimos o sin ventilación mecánica que guía la probabilidad que un paciente tolerará una prueba de extubación (PSV, Tubo en T, ASV, VAP).

Extubación fallida: consiste en la imposibilidad de mantener una respiración espontanea adecuada en el lapso de 48 horas postextubación y la necesidad de reinstalar la asistencia mecánica ventilatoria.

VARIABLES CUANTITATIVAS

Volumen minuto: es un predictor de retiro resultado del producto del volumen corriente y la frecuencia respiratoria (L/min).

Fuerza inspiratoria negativa: es un predictor de retiro resultado de la presión máxima durante un esfuerzo inspiratorio tras una válvula espiratoria ocluida por 20 segundos, umbral de -20 a -30 cmH₂O.

Presión de oclusión (P0.1): es un predictor de retiro resultado de la presión medida a los 100 milisegundos de iniciarse un esfuerzo inspiratorio con una vía aérea ocluida, umbral menor de 0.3 cmH₂O.

El índice de frecuencia respiratoria/Volumen tidal (Fr/Vt): es un predictor de retiro resultado del producto de la frecuencia respiratoria y el volumen tidal, umbral menor de 105 rpm/L/kg.

Prueba de Fuga del balón: consiste en desinflar el balón y cuantificar el nivel de aire fugado (% o ml), utilizado para predecir obstrucción de la vía aérea superior después de la extubación.

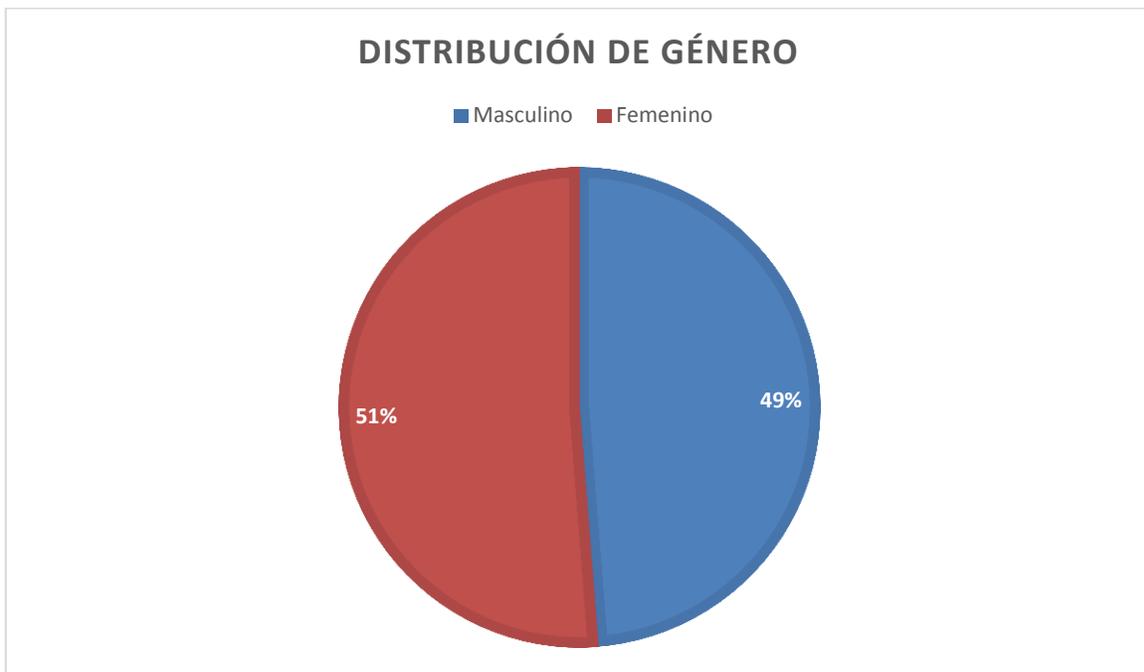
Días en ventilación mecánica: se refiere al tiempo total en días que el paciente estuvo conectado al ventilador mecánico.

Días de estancia en UCI: se refiere al tiempo total en días que el paciente estuvo ingresado en la Unidad de Cuidados Intensivos.

RESULTADOS

Una vez revisada la base de datos del archivo de la UCI del HJM en el período del 2014-2015 y tras aplicar los criterios de inclusión y de exclusión se obtuvieron un total de 80 pacientes, que constituye la muestra de nuestro estudio y de la cual se deriva el siguiente análisis.

En relación a las características demográficas de los pacientes, en el aspecto de distribución de género, 39 pacientes correspondieron al sexo masculino (49%) y 41 pacientes al sexo femenino (51%).



De los 80 pacientes que representan la muestra de nuestro estudio (n=80) y específicamente la variable edad, se encontró la siguiente distribución según los diferentes grupos etáreos:

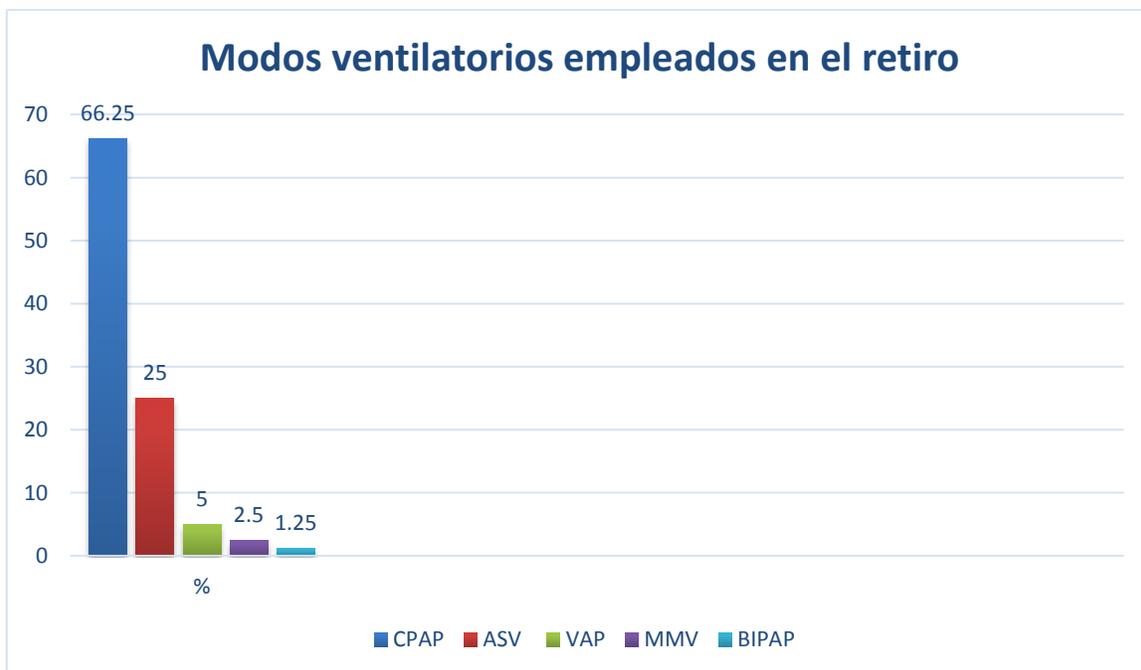
TABLA 1. DISTRIBUCION POR GRUPOS ETAREOS

GRUPOS ETAREOS	NUMERO DE PACIENTE	PORCENTAJE
< 20 años	04	5 %
20-29 años	12	15%
30-39 años	20	25%
40-49 años	19	23.75%
50-59 años	10	12.5%
60-69 años	12	15%
>70 años	03	3.75%

El Índice de masa corporal (IMC) se calculó en los 80 pacientes, encontrándose 1 paciente con un IMC menor a 18 (1.25%), 30 pacientes con un IMC de 18-24 (37.5%), 25 pacientes con un IMC de 25-29 (31.25%), 12 pacientes con un IMC de 30-34 (15%), 8 pacientes con un IMC de 35-39 (10%) y 4 pacientes con un IMC mayor de 40 (5%).

En relación a los principales diagnósticos de nuestros pacientes: 17 pacientes se diagnosticaron como SIRA de origen pulmonar (21.25%), 10 pacientes con Choque Séptico de origen pulmonar (12.5%), 10 pacientes con Choque Séptico de origen abdominal (12.5%), 9 pacientes con Choque hipovolémico (11.25%), 4 pacientes con Choque Séptico de origen urinario (5%), 4 pacientes con Pancreatitis Aguda severa (5%), 3 pacientes con Choque Séptico de origen en tejidos blandos (3.75%), 3 pacientes con Estado asmático (3.75%), 2 pacientes con TCE severo (2.5%), 2 pacientes con EPOC exacerbado (2.5%), 2 pacientes con Síndrome posparo (2.5%) y el resto con diversos diagnósticos que incluyen: Estado epiléptico, Meningitis Bacteriana, Encefalitis viral, Politraumatismo, Angina de Ludwig, entre otros.

En relación a la prueba de respiración espontánea realizadas en este estudio a 53 pacientes se les efectuó en el modo CPAP (66.25%), en 20 pacientes se utilizó el modo ASV (25%), el modo VAP se utilizó en 4 pacientes (5%), en 2 pacientes se utilizó el modo MMV (2.5%) y en 1 paciente se realizó en BIPAP (1.25%).



En relación a los predictores de retiro utilizados se encontró que en 9 pacientes el Volumen Minuto (VM) fue menor a 5 l/min (11.25%), luego 46 pacientes fueron retirados de la ventilación mecánica con un VM entre 5-9 l/min (57.5%), 20 pacientes se retiraron con un VM de 10-15 l/min (25%) y 5 pacientes con un VM mayor 15 l/min (6.25%). Posteriormente en relación a la Fuerza Inspiratoria máxima (NIF) se encontró que 17 pacientes tuvieron una NIF menor a -20 (21.25%), 42 pacientes tuvieron una NIF entre -20 a -30 previo al retiro (52.5%) y en 21 pacientes la NIF fue mayor a -30 (26.25%). El drive respiratorio se evaluó a través de la P0.1 siendo menor a 0.3 en 76 pacientes (95%) y mayor a este punto de corte en 4 pacientes (5%). El Índice de Yang y Tobin (fr/Vt) se encontró menor a 60 en 62 pacientes (77.5%), en 17 pacientes entre 60-105 (21.25%) y en 1 paciente mayor a 105 (1.25%). La prueba de Fuga del balón se realizó en 61 pacientes, siendo mayor al 25% en 47 pacientes (58.75%) y en 5 pacientes fue menor de 25% (6.25%).

En relación a los días en ventilación mecánica 4 pacientes tenían entre 24 y 48 horas (5%), 27 pacientes tenían entre 2 y 6 días dependientes del ventilador mecánico (33.75%), 37 pacientes tenían entre 7 y 28 días con apoyo mecánico ventilatorio (46.25%) y 11 pacientes tenían más de 28 días con asistencia mecánica ventilatoria (13.75%). Con un promedio de 12.2 días en la ventilación mecánica.

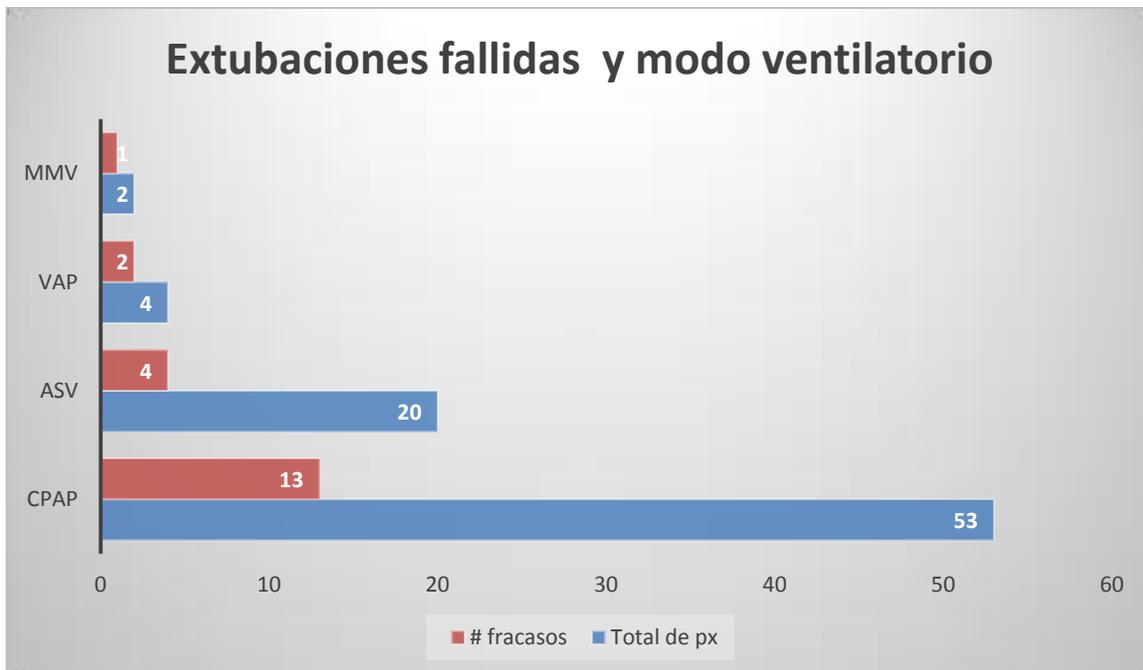
Respecto a los días de estancia en UCI 23 pacientes tuvieron una estancia de 6 días o menor (28.75%), 20 pacientes tuvieron una estancia entre 7 y 13 días (25%), 22 pacientes entre 14 y 28 días (27.5%) y 15 pacientes una estancia mayor a 28 días (18.75%). Con un promedio de días de estancia de 15.3 días.

A 19 pacientes se les realizó traqueostomía (23.75%). Tomando en cuenta el tipo de retiro (fácil, difícil y prolongado), se encontraron 53 pacientes con retiro fácil (66.25%), 20 pacientes con retiro difícil (25%) y 7 pacientes con retiro prolongado (8.75%).

Se encontraron 20 extubaciones fallidas en este estudio (25%). De las cuales 9 fueron en pacientes del género femenino y 11 en pacientes masculinos. El principal diagnóstico asociado a extubaciones fallidas fue el SIRA, encontrándose en 10 pacientes, representando el diagnóstico presente en 50% de las extubaciones fallidas, siendo el SIRA de origen pulmonar la causa más frecuente. Otro diagnóstico asociado a las extubaciones fallidas fue el Choque Séptico, encontrándose en 5 pacientes (25%).



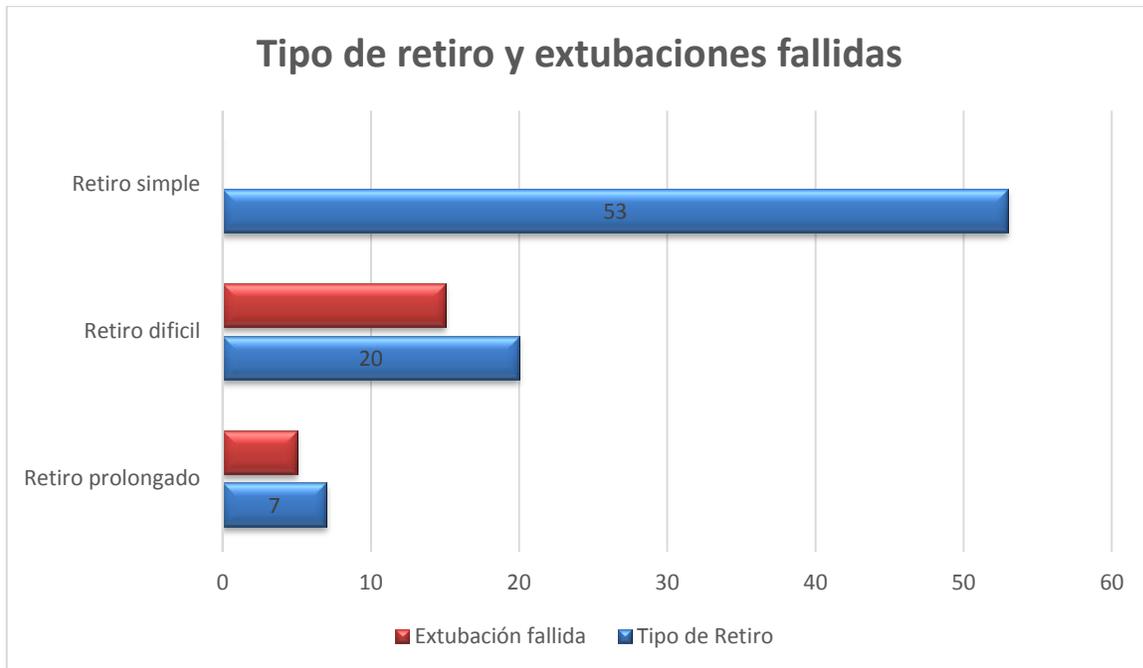
En relación al modo ventilatorio en el que se realizó la Prueba de Respiración Espontánea y su asociación con las extubaciones fallidas, se encontró que de 53 pacientes que se retiraron en CPAP, 13 tuvieron una extubación fallida (24.5%); luego de 20 pacientes que se retiraron en ASV, 4 tuvieron una extubación fallida (20%), de esta forma 4 pacientes que se retiraron en VAP, 2 tuvieron una extubación fallida (50%) y de 2 pacientes que se retiraron en MMV 1 fracasó en la extubación (50%).



En relación a los predictores de retiro de la ventilación mecánica y específicamente en los 20 pacientes que tuvieron extubaciones fallidas, se encontró que un VM recomendado (5-15 L/min) sólo en 4 pacientes se encontró en ese rango (5%); al valorar la fuerza inspiratoria máxima sólo 4 pacientes tuvieron el umbral recomendado de -20 a -30 cmH₂O (5%); en cuanto a la presión de oclusión 15 pacientes cumplieron el valor recomendado menor de 0.3 cmH₂O (75%); el índice de Yang y Tobin se situó dentro del rango recomendado menor a 105 en los 20 pacientes que presentaron fallo a la extubación. Al valorar la prueba de fuga se encontró en el rango recomendado (> 25%) sólo en 6 pacientes que presentaron extubación fallida (30%).

En el aspecto de los días en ventilación mecánica 13 pacientes tenían entre 7 y 28 días de estar con apoyo mecánico ventilatorio (65%) y 6 pacientes tenían más de 28 días en ventilación mecánica (30%), lo cual representó el 95% de los pacientes que presentaron extubación fallida. En cuanto a los días de estancia en UCI 13 pacientes tuvieron entre 7 y 28 días de estancia en la unidad (65%) y 6 pacientes tuvieron una estancia mayor a 28 días (30%), lo que también representó el 95% de los pacientes que presentaron extubación fallida.

Al tomar en cuenta los intentos de weaning 15 pacientes presentaron un retiro difícil (75%) y 5 pacientes un retiro prolongado (25%), de los 20 pacientes que presentaron extubación fallida.



DISCUSION

Una vez que la causa que llevó a la ventilación mecánica, se estabiliza y empieza a revertir se debe iniciar el proceso de retiro de la ventilación mecánica. La falla en reconocer el potencial retiro del ventilador resulta en estancia prolongada, aumento del riesgo de infecciones, excesiva sedación, exposición prolongada a presión o volumen potencialmente tóxicos para la vía aérea y altos costos. Por otro lado la retirada prematura del ventilador puede llevar a pérdida de la vía aérea, compromiso del intercambio gaseoso, aspiración y fatiga muscular inspiratoria.

Al analizar las características demográficas de los pacientes que constituyen la muestra de este estudio, el 51% corresponden al género femenino y 49% al género masculino, siendo el grupo etéreo más frecuente entre 30-39 años (25%) y la mayoría con IMC mayor de 25 (61%), lo que es un reflejo del alto índice de sobrepeso y obesidad en la población mexicana y puede asociarse a la severidad de la enfermedad, dado que el estado de obesidad es un estado de disregulación inmunológica, en que el paciente se encuentra de forma crónica en estado de inflamación, presentando una respuesta inmune mayor con presencia de autolisis y mayor daño secundario.

El diagnóstico más frecuentemente encontrado en los pacientes que representan nuestra muestra fue el Choque Séptico (25%), seguido del SIRA de origen pulmonar (21%), aunque en los pacientes que presentaron extubación fallida el SIRA de origen pulmonar (la mayoría asociado a Influenza AH1N1), representó el principal diagnóstico, presente en 50% de las extubaciones fallidas. Los pacientes afectados por esta patología se caracterizan por presentar una severa afección pulmonar, caracterizada por aumento del agua extravascular pulmonar, un incremento progresivo del peso neto pulmonar, restringiendo su capacidad de distensibilidad y por tanto realizar un intercambio gaseoso adecuado; teniendo por ende aumento de los días en ventilación mecánica, días de estancia en UCI y mortalidad.

Al analizar el modo ventilatorio en que se realizó la prueba de respiración espontánea, los modos que mostraron mayor proporción de extubaciones fallidas fue VAP y MMV con 50% de extubaciones fallidas en cada modalidad. Las pruebas de respiración espontánea realizadas en CPAP/PSV mostraron 24.5% de extubaciones fallidas, siendo el modo ASV el que presentó menor grado de fracaso respiratorio posterior a la extubación (20%).

La evaluación diaria de los pacientes que están en ventilación mecánica con el objetivo de identificar a aquellos que son capaces de respirar espontáneamente es, posiblemente, la medida que más disminuye la duración del soporte respiratorio.

Los métodos convencionales para valorar la capacidad de respirar espontáneamente es la realización de una prueba de respiración espontánea con Tubo en T o CPAP con presión de soporte de 7-8 cmH₂O. En nuestro hospital se realiza la prueba de respiración espontánea en CPAP con PS de 8 cmH₂O y PEEP 0 según el protocolo desarrollado por Laurent Brochard.

Cassina y cols., condujeron un estudio de cohorte observacional prospectivo de 155 pacientes consecutivos, después de cirugía cardíaca, y confirmó la seguridad de ASV; 134 pacientes (86%) fueron extubados con éxito dentro de 6 horas, con un promedio de 3.6 horas (2.53-4.83) y no hubieron reintubaciones por falla respiratoria. Concluyendo que este modo facilita una rápida extubación en pacientes seleccionados y facilita el manejo ventilatorio en pacientes en el posoperatorio.

Recientemente Dogellman y colaboradores realizaron un estudio controlado randomizado en pacientes con bypass coronario, comparando tiempo de extubación en pacientes conectados a ASV versus Ventilación con presión de soporte, demostrando que el modo ASV es seguro y útil para extubación, aunque el tiempo de extubación fue similar en ambas modalidades.

En este aspecto cabe mencionar que en nuestro centro hospitalario y específicamente en nuestro estudio el modo ASV se utilizó en pacientes con una amplia gama de patologías críticas, con un grado de severidad marcado, así como mayor tiempo de ventilación mecánica y estancia en UCI, en relación al que se reporta en la literatura internacional, donde se ha utilizado en pacientes posoperados de cirugía cardíaca para retiro en el posoperatorio inmediato.

Xirouchaki y cols., compararon la efectividad de PSV versus VAP+ para mantener pacientes críticos dependientes de ventilación mecánica en ventilación asistida. Encontraron que VAP+ aumentaba significativamente la probabilidad de permanencia en ventilación espontánea, además de reducir de manera importante la asincronía paciente-ventilador, aunque en nuestro estudio se asoció a elevada proporción de pacientes que presentaron extubación fallida (50%), aunque se necesitan más estudios con una muestra significativa de pacientes en este modo ventilatorio, para poder evaluarlo adecuadamente.

Al analizar los predictores de retiro en los pacientes que presentaron extubación fallida y tomando el punto de corte (umbral) recomendado por la Universidad de McMaster (1999), en lo que respecta al VM se encontró que en 16 pacientes estaba en el rango recomendado, lo que representa el 80% de los pacientes que no tuvieron éxito al ser extubados. Al evaluar la Fuerza Inspiratoria máxima (NIF) se encontró fuera del umbral recomendado en 16 pacientes, que representa el 80% de pacientes que presentaron extubación fallida.

El drive neuromuscular evaluado a través de la presión de oclusión (P0.1) se encontró en el umbral recomendado en 15 pacientes de los que presentaron extubación fallida (75%) y el Índice de Yang y Tobin se encontró en el rango recomendado en todos los pacientes que no tuvieron éxito en mantener una respiración espontánea adecuada al ser extubados.

Una buena prueba predictora de destete debe tener un bajo rango de falsos negativos, por ende una alta sensibilidad, en este sentido en nuestro estudio el predictor que tuvo el mejor desempeño fue la NIF, lo que concuerda con el estudio de la Universidad de McMaster en lo que respecta a la NIF, quienes evaluaron más de 5000 publicaciones, encontrando 66 posibles predictores de éxito de retiro de la ventilación mecánica mediante el radio de verosimilitud; con este abordaje se encontraron 7 parámetros que tuvieron significancia consistente para predecir éxito del retiro, los cuales son: VM, NIF, P0.1, índice CROP, frecuencia respiratoria, volumen tidal e Índice de Yang y Tobin. La mayoría de estos evaluados en este estudio, siendo la NIF y el Índice de Yang y Tobin los que mayormente han sido evaluados en diferentes estudios.

En nuestro estudio hubo un 25% de extubaciones fallidas, lo que se encuentra ligeramente por encima de lo reportado en la literatura, el rango de tasas de reintubaciones va de 4-23% para diferentes UCI y puede ser tan alto hasta 33% en pacientes con estatus mental alterado y deterioro neurológico. Aunque en este sentido hay que tomar en cuenta el tipo de UCI y específicamente el tipo de pacientes que se atienden en nuestra unidad, dado que el 95% de los pacientes que presentaron una extubación fallida tenían más de 7 días en ventilación mecánica y de estos el 30% tenían más de 28 días con asistencia mecánica ventilatoria, lo cual es reflejo de la severidad de la patología que condicionó la necesidad del apoyo mecánico ventilatorio y se asocia a disfunción o atrofia diafragmática, polineuropatía o miopatía del paciente crítico, desnutrición por el proceso catabólico, mayor edema de la vía aérea. Por tanto el destete se clasificó como difícil en 75% de los pacientes que fallaron a la extubación y fue un destete prolongado en 25% de estos pacientes. Efectivamente una extubación fallida está asociada a 8 veces mayor riesgo para neumonía nosocomial y de 6-12 veces de incremento del riesgo de muerte.

CONCLUSIONES

-El porcentaje de extubaciones fallidas fue de 25% en este trabajo de investigación, el 50% tenían como diagnóstico SIRA de origen pulmonar, el 95% tenían más de 7 días en ventilación mecánica y el 90% una estancia mayor de 7 días.

-El modo ventilatorio que presentó la menor proporción de extubaciones fallidas, fue el modo ASV, con un 20% de extubaciones sin éxito; seguido del modo convencional CPAP/PSV con un 24.5% de extubaciones fallidas.

-Los modos ventilatorios VAP y MMV, aunque utilizados en pocos pacientes, presentaron la mayor proporción de extubaciones fallidas (50%).

-En relación a los predictores de retiro evaluados en este trabajo (VM, NIF, P0.1, f/Vt), la Fuerza Inspiratoria negativa presentó el mejor desempeño, con un índice bajo de falsos negativos.

- El destete se clasificó como difícil en 75% de los pacientes que fallaron a la extubación y fue un destete prolongado en 25% de estos pacientes.

RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACION

El estudio muestra las limitaciones propias de los estudios retrospectivos, en relación al carácter variable de datos reportados y susceptibles de sesgos por la disponibilidad de los mismos.

Una fortaleza de nuestro trabajo de investigación consiste en contar con datos propios de nuestra institución y en particular datos de la Unidad de Terapia Intensiva.

La muestra de este trabajo de investigación (n=80) es representativa, refleja la experiencia de nuestra Unidad en el proceso de retiro de la ventilación mecánica, pero no hay una distribución cuali-cuantitativa uniforme en cuanto a los modos ventilatorios que se evaluaron.

Ante esta situación, estudios subsecuentes deberán realizarse con carácter prospectivo, para evaluar la superioridad de un modo ventilatorio o un predictor de retiro sobre otro, que permita un análisis preciso y completo.

BIBLIOGRAFIA

1-Pingleton SK. Complications associated with mechanical ventilation. In: Tobin MJ, ed. Principles and practice of mechanical ventilation. McGraw-Hill, New York, 1994. 775-792.

2-Esteban A, Alía I, Ibañez J, Benito S, et al. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. Chest 1994; 106:1188-1193.

3-Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. Chest 1973; 63:1002-1005

4-Truwit JD, Marini JJ. Validation of a technique to assess maximal inspiratory pressure in poorly cooperative patients. Chest 1992; 102:1216-1219.

5-Sassoon CSH, Te TT, Mahutte CK, Light RW. Airway occlusion pressure; an important indicator for successful weaning in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am Rev Respir Dis 1987; 135:107-113.

6-Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilator weaning and value of adding supplemental inspiratory load. Intensive Care Med 1992; 18:327-333.

7-Sassoon CS, Mahutte CK. Airway occlusion pressure and breathing pattern as predictors of weaning outcome. Am Rev Respir Dis 1993; 148:860-866.

8-Capdevila XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JP, et al. Occlusion pressure and its ratio to maximum inspiratory pressure are useful predictors for successful extubation following T-piece weaning trial. Chest 1995; 108:482-489.

9-Vallverdú I, Calaf N, Subirana M, Net A, et al. Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med 1998; 158:1855-1862.

10-Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. N Engl J Med 1991; 324:1445-1450.

11-Chatila W, Jacob B, Guaglionone D, Manthous CA. The unassisted respiratory rate-tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome. *Am J Med* 1996; 101:61-67.

12-Jacob B, Chatila W, Manthous CA. The unassisted respiratory rate/tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in postoperative patients. *Crit Care Med* 1997; 25: 253-257.

13-Gluck EH. Predicting eventual success or failure to wean in patients receiving long-term mechanical ventilation. *Chest* 1996; 110:1018-1024.

14-Bouachour G, Guiraud MP, Gouello JP, Roy PM, et al. Gastric intramucosal pH: an indicator of weaning outcome from mechanical ventilation in COPD patients. *Eur Respir J* 1996; 9:1868-1873.

15-Krieger BP, Isber J, Breitenbucher A, Throop G, et al. Serial measurements of the rapid-shallow-breathing index as a predictor of weaning outcome in elderly medical patients. *Chest* 1997; 112:1029-1034.

16-Zeggwagh AA, Abouqal R, Madani N, Zekraoui A, et al. Weaning from mechanical ventilation: a model for extubation. *Intensive Care Med* 1999; 25:1077-1083.

17-Maldonado A, Bauer TT, Ferrer M, Hernández C, et al. Capnometric recirculation gas tonometry and weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:171-176.

18-Tanios MA, Nevins ML, Hendra KP, Cardinal P, et al. A randomized controlled trial of the role of weaning: Predictors in clinical decision making. *Crit Care Med* 2006; 34: 1-10.

19-Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996; 335:1864-1869.

20-Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, StJohn RE, et al. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997; 25:567-574.

21-Marellich GP, Murin S, Battistella F, Inciardi J, et al. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses: effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2000; 118: 459-467

22-Krishnan JA, Moore D, Robeson C, Rand CS, et al. A prospective, controlled trial of a protocol-based strategy to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169:673-678.

23-Saura P, Blanch L, Mestre J, Valles J, et al. Clinical consequences of the implementation of a weaning protocol. *Intensive Care Med* 1996; 22:1052-1056.

24-Djunaedi H, Cardinal P, Greffe-Laliberte G, Jones G, et al. Does a ventilatory management protocol improve the care of ventilated patients? *Respir Care* 1997; 42: 604-610.

25-Burns SM, Marshall M, Burns JE, Ryan B, et al. Design, testing, and results of an outcomes-managed approach to patients requiring prolonged mechanical ventilation. *Am J Crit Care* 1998; 7:45-57.

26-Horst HM, Mouro D, Hall-Jenssens RA, Pamukov N. Decrease in ventilation time with a standardized weaning process. *Arch Surg* 1998; 133:483-488.

27-Grap MJ, Strickland D, Tormey L, Keane K et al. Collaborative practice: Development, implementation, and evaluation of a weaning protocol for patients receiving mechanical ventilation. *Am J Crit Care* 2003; 12:454-460.

28-Dries DJ, McGonigal MD, Malian MS, Bor BJ, et al. Protocol-Driven ventilator weaning reduces use of mechanical ventilation, rate of early reintubation, and ventilator-associated pneumonia. *J Trauma* 2004; 56:943–952.

29-Tonnelier JM, Prat G, Le Gal G, Gut-Gobert C, et al. Impact of a nurses' protocol-directed weaning procedure on outcomes in patients undergoing mechanical ventilation for longer than 48 hours: a prospective cohort study with a matched historical control group. *Crit Care* 2005; 9:R83-89.

30-Mc Lean S, Jensen L, Schroeder D, Gibney N, et al. Improving adherence to a mechanical ventilation weaning protocol for critically ill adults: Outcomes after an implementation program. *Am J Crit Care* 2006; 15: 299-309.

31-Nathan SD, Ishaaya AM, Koerner SK, Belman MJ. Prediction of minimal pressure support during weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1993; 103:1215-1219.

32-Esteban A, Alia I, Gordo F, Fernández R, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T- tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156:459-465.

33-Esteban A, Alia I, Tobin MJ, Gil A, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:512-518.

34-Ezingard E, Dicone E, Guyomarch S, Venet C, et al. Weaning from mechanical ventilation with pressure support in patients failing a T-tube trial of spontaneous breathing. *Intensive Care Med* 2006; 32: 165-169.

35-Perren A, Domenighetti G, Mauri S, Genini F, et al. Protocol-directed weaning from mechanical ventilation: clinical outcome in patients randomized for a 30-min or 120-min trial with pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 2002; 28:1058-1063.

36-Dean SE, Keenan RL. Spontaneous breathing with a T-piece circuit: minimum fresh gas/minute volume ratio which prevents rebreathing. *Anesthesiology* 1982; 56:449-452.

37-Straus C, Louis B, Isabey D, Lemaire F, et al. Contribution of the endotracheal tube and the upper airway to breathing workload. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157:23-30.

38-Nava S, Ambrosino N, Clini E, Prato M, et al. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1998; 128:721-728.

39-Girault C, Daudenthun I, Chevron V, Tamion F, et al. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure: a prospective, randomized controlled study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:86-92.

40-Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, Bauer TT, et al. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168:70-6.

41-Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:896-903.

42-Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995; 332:345-350.

43-Tomlinson JR, Miller KS, Lorch DG, Smith L, et al. A prospective comparison of IMV and T-piece weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1989; 96:348-352.

44-Esen F, Denkel T, Telci L, Kesecioglu J, et al. Comparison of pressure support ventilation (PSV) and intermittent mandatory ventilation (IMV) during weaning in patients with acute respiratory failure. *Adv Exp Med Biol* 1992; 317:371-376.

45-Butler R, Keenan SP, Inman KJ, Sibbald WJ, et al. Is there a preferred technique for weaning the difficult-to wean patient? A systematic review of the literature. *Crit Care Med* 1999; 27:2331-2336.

46-Strickland JH Jr, Hasson JH. A computer-controlled ventilator weaning system. Chest 1991; 100:1096-1099.

47-Strickland JH Jr, Hasson JH. A computer-controlled ventilator weaning system. A clinical trial. Chest 1993; 103:1220-1226.

48-Linton DM, Potgieter PD, Davis S, Fourie AT, et al. Automatic weaning from mechanical ventilation using an adaptive lung ventilation controller. Chest 1994; 106:1843-1850.

49-Dojat M, Harf A, Touchard D, Laforest M, et al. Evaluation of a knowledge-based system providing ventilatory management and decision for extubation. Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:997-1004.

50-Nemoto T, Hatzakis GE, Thorpe CW, Olivenstein R, et al. Automatic control of pressure support mechanical ventilation using fuzzy logic. Am J Respir Crit Care Med 1999; 160:550-556.

51-Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P, Roeseler J, et al. A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med 2006; doi:10.1164/rccm.200511-1780OC.

52-Suarez-Sipman F. Nuevos modos de ventilación asistida. Med Intensiva, 2014.

53-Frutos-Vivar F, Esteban A. Desconexión de la ventilación mecánica. ¿Por qué seguimos buscando métodos alternativos? Med Intensiva, 2012.

54-Miguelena D, Fernández J, Mullet H. Modos ventilatorios avanzados. Ventilación de soporte adaptativo (ASV). Acta Colombiana de Cuidado Intensivo 2011; 11(2): 132-143.

55-Chen S, Cheng W, Shih Ch, Chu Ch, Liu Ch. Adaptive Support Ventilation: Review of the Literature and Clinical Applications. 2008; 19: 465-471.

56-Sulemanji DS, Marchese A, Wysocki M, Karmarek RM. Adaptive support ventilation with and without end-tidal CO₂ closed loop control vs conventional ventilation. *Intensive Care Med*, 2013; 39: 703-10.

57-Arnal J-M, Wysocki M, Novotny D, Demory D, Lopez R, Donati S, et al. Safety and efficacy of a fully closed loop control ventilation (IntelliVent-ASV) in sedated ICU patients with acute respiratory failure: A prospective randomized crossover study. *Intensive Care Med*, 2012; 38: 781-87.