



Cambios en la Presión Inspiratoria máxima en pacientes ventilados mecánicamente por más de 72 horas, después del entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali

Johana Carolina Pazmiño Ordoñez

Diana Marcela Suaza Casañas

Estudiantes de Especialización en Fisioterapia Cardiopulmonar

Código del Programa: 5682

Esther Cecilia Wilches Luna

Directora de Trabajo de Grado

Asesor metodológico

Jenny Marcela Arias Campo

FT. Especialista en Fisioterapia Cardiopulmonar

Postulante a Magister en Ciencias Biomédicas

Universidad del Valle

Programa: Especialización en Fisioterapia Cardiopulmonar

Sede: Universidad del Valle San Fernando / Cali

2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	4
PALABRAS CLAVE	5
INTRODUCCIÓN	6
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
2. JUSTIFICACION	12
3. OBJETIVOS	15
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	16
5. METODOLOGÍA	49
5.1 DISEÑO	49
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	49
5.2.1 Criterios de inclusión	50
5.2.2 Criterios de exclusión	51
5.3 VARIABLES DEL ESTUDIO	52
5.4 PROCEDIMIENTOS	60
5.5 ANÁLISIS DE DATOS	77
6. ASPECTOS ÉTICOS	79
7. RESULTADOS ESPERADOS	80
8. CRONOGRAMA	81
9. PRESUPUESTO	82
10. RESULTADOS	89
11. DISCUSIÓN	95
12. CONCLUSION	97

13. IMPLICACIONES CLINICAS	98
14. LIMITACIONES	99
15. PORTALEZAS	100
16. ANEXOS	101
17. BIBLIOGRAFÍA	112

RESUMEN

Antecedentes: Aunque la ventilación mecánica (VM) es muy útil para salvar la vida en pacientes con insuficiencia respiratoria, también genera efectos deletéreos en la fuerza de los músculos respiratorios y musculatura periférica; la evidencia sugiere medición de presión inspiratoria máxima (PIMax) como medición no invasiva de la fuerza global de músculos inspiratorios, y la recomendación para pacientes críticos con y sin vía aérea artificial; como estrategia de intervención para fortalecer musculatura respiratoria, está el entrenamiento muscular inspiratorio (EMI), seguro y factible en pacientes seleccionados dependientes del ventilador y/o recién destetados del VM.

Objetivo: Describir el cambio de la PIMax en 5 pacientes ventilados mecánicamente por más de 72 horas, que realizaron entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali.

Diseño: Serie de Casos.

Ámbito: Unidad de cuidados intensivos de una clínica de tercer nivel de la ciudad de Cali.

Pacientes: Cinco pacientes en ventilación mecánica por 72 horas o más.

Métodos: EMI con dispositivo umbral de carga, 3 series de 10 repeticiones, carga inicial del 50% de la PiMax, reajustada al tercer día de EMI, con 2 minutos de descanso entre cada serie, realizado 2 veces al día, durante 7 días, con una duración aproximada 15 a 20 minutos. Se realizaron tres mediciones de PIMax, la primera después de 72 horas de VM, la segunda al tercer día de EMI y la última al séptimo día al finalizar el EMI.

Medidas de Resultados: PIMax

Resultados: El 75% de los pacientes eran del sexo femenino, la mínima edad fue de 21 años y la máxima de 77 años, el sistema respiratorio fue el más comprometido, el valor mínimo de

SOFA fue de 9 y el máximo de 16 puntos, el valor mínimo de APACHEII fue de 12 y el máximo de 32 puntos. El tiempo de inicio de EMI se encontraba entre 6 y 18 días de VM, al final del EMI 2 pacientes se encontraban extubados y 3 intubados, 2 pacientes se clasificaron según WIND como Destete Corto, 2 como Destete prolongado grupo 3B y 1 como Sin Destete. La mayor ganancia de PIMax fue de 9 cmH₂O; en términos de días de estancia en UCI, la menor fue de 11 días y la mayor de 30 días. Ningún paciente de esta serie de casos alcanzó el valor total de su predicho calculado, sin embargo se evidenció que en 3 de 5 pacientes se presentó mejoría en los valores de PIMax al finalizar el EMI, una paciente mantuvo su valor de PIMax y una más, con peculiaridades en su curso clínico no mejoró, sin embargo presentó mejoría entre la 2nda y 3ra medición de PIMax.

Conclusión: En esta serie de 5 casos de pacientes con ventilación mecánica mayor o igual a 72 horas el EMI por 7 días mantuvo y/o mejoró la Presión Inspiratoria Máxima.

Palabras clave: *Ventilación mecánica; Músculos inspiratorios; Destete; Entrenamiento;*

Cuidado intensivo

INTRODUCCIÓN

Existe una relación directa entre el tiempo de duración de ventilación mecánica y la debilidad muscular respiratoria, debido a factores como la disminución de la actividad neural y mecánica de la musculatura respiratoria, disminución de la síntesis de proteínas y aumento del estrés oxidativo en las fibras del diafragma principal músculo generador de presión negativa en la fase inspiratoria^{1,4,5,19}; dicha disfunción de musculatura respiratoria, en los pacientes críticos, se asocia con mayor índice de fracaso en el destete ventilatorio, reingreso a la unidad de cuidados intensivos y muerte^{4,5}.

De acuerdo a estudios epidemiológicos realizados en Colombia^{16,17}, la proporción de pacientes que presenta dificultad en el momento del destete de soporte ventilatorio mecánico invasivo es representativa, y con ello, se hacen frecuentes las diferentes complicaciones que de ello se derivan, por lo cual se hace necesario intervenir de manera terapéutica dichas situaciones con la finalidad de evitar la debilidad muscular respiratoria y sus implicaciones futuras a nivel de funcionalidad y participación social.

Por ello como estrategia de intervención para fortalecer la musculatura respiratoria en estas condiciones, toma protagonismo el entrenamiento muscular inspiratorio (EMI), y como herramienta de seguimiento, la medición de la PIM (presión inspiratoria máxima) a través del manovacuometro, dispositivo confiable para la medida indirecta de la fuerza muscular inspiratoria global.

El grupo de investigación GIESC, interesado en la temática, bajo la línea de investigación, realizó en el año 2018, el estudio Eficacia del entrenamiento muscular respiratorio en el destete de la ventilación mecánica en pacientes con ventilación mecánica por 48 o más horas: un ensayo clínico controlado; y en aras de continuar incrementando la evidencia relacionada con el tema, se presentó a la convocatoria interna, acta de aprobación número 013-018, el trabajo: Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali, con el objetivo de evaluar la fracción de engrosamiento, la excursión diafragmática, y la presión inspiratoria máxima en los pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de la ciudad de Cali, al cual ha vinculado estudiantes de Maestría en Ciencias Biomédicas y de la Especialización en Fisioterapia Cardiopulmonar.

A partir de este proyecto en curso, surgió la propuesta de profundizar en las variables de entrenamiento muscular inspiratorio y fuerza muscular inspiratoria, y se propuso determinar si “pacientes con ventilación mecánica durante un periodo mayor a 72 horas en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali, sometidos a EMI por 7 días, presentan cambios en la presión Inspiratoria máxima”.

Con el presente estudio se propuso incrementar la evidencia del EMI como herramienta para mejorar la fuerza muscular respiratoria del paciente crítico ventilado, y con ello favorecer el destete de ventilación mecánica, sugiriendo a los profesionales la importancia de incluir en la práctica clínica diaria el EMI, divulgando sus beneficios en el destete de ventilación mecánica.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La debilidad muscular adquirida en la unidad de cuidados intensivos (UCI) es una característica común entre los pacientes ventilados mecánicamente, siendo esta condición la causante principal del compromiso de la musculatura respiratoria, en especial del diafragma quién es el encargado del 70 a 80% del trabajo ventilatorio dentro de la fase inspiratoria, alteración que se conoce como disfunción muscular diafragmática inducida por la ventilación mecánica (DDIVM), definida por Vassilakopoulos y cols como la pérdida de la fuerza diafragmática con relación al uso de la ventilación mecánica (VM)¹.

Se conoce que aproximadamente el 35% de los pacientes que ingresan a UCI requieren VM; una minoría de estos pacientes (20% a 30%) presenta dificultades en el destete, y de ellos cerca del 50% requiere VM por 7 días o más, así aproximadamente el 15% de los pacientes que ingresan en una UCI requiere VM prolongada², a la cual el diafragma, responde con atrofia rápida y cambios en la longitud de sus fibras³. Así es, como la disfunción diafragmática, en los pacientes críticos de UCI se encuentra asociada con un mayor índice de fracaso en el destete ventilatorio, y por consiguiente la predisposición a VM prolongada, reingreso a la UCI y muerte^{4,5}. Está reportado que el proceso de destete ventilatorio puede tomar alrededor de un 40% del tiempo total que un paciente permanece con VM invasiva, y es probable que éste período se extienda en los pacientes con dependencia ventilatoria⁶.

El estudio de la nueva clasificación de destete ventilatorio (WIND), define el destete exitoso como la tolerancia a la liberación de la VM después de siete días de la extubación o hasta ser dado de alta de la UCI, y reporta que la mayoría de los pacientes en VM logran un destete

exitoso; sin embargo aún se encuentra que de los pacientes ventilados mecánicamente, el 10% fueron de destete difícil, y el 9% de destete prolongado; mostrando principalmente en estos dos grupos que conforme avanza la ventilación mecánica y se prolonga la consecución de un destete exitoso, el riesgo de muerte aumenta⁷.

La VM prolongada conlleva a múltiples complicaciones asociadas que empeoran el cuadro clínico del paciente, lo cual contribuye al detrimento de su estado funcional, aumento del requerimiento de insumos institucionales, afecta la calidad de vida del paciente y su familia⁸. Por lo cual surge la necesidad de la aplicación de estrategias encaminadas a un destete exitoso principalmente en la población susceptible a presentar destete difícil y prolongado; una de las estrategias es la rehabilitación muscular respiratoria dirigida al fortalecimiento muscular respiratorio y herramientas de evaluación y seguimiento de las intervenciones instauradas como la medición de la fuerza muscular respiratoria.

El método ampliamente utilizado en la práctica clínica es la valoración muscular respiratoria determinada indirectamente a partir de las presiones generadas en la vía aérea, tal como la presión inspiratoria máxima estática (PIMax) medida en la boca, que refleja la fuerza muscular inspiratoria global, utilizada además como monitoria de la respuesta de entrenamiento muscular respiratorio, la cual puede ser realizada en el paciente conectado a la ventilación mecánica, a través del manovacuometro durante una breve desconexión de la ventilación. Esta prueba tiene la ventaja de ser no invasiva y fácilmente aplicada a la cabecera de la cama, su limitación radica en que requiere de la colaboración del paciente y las medidas son influenciadas probablemente por el nivel de sedación, ansiedad y dolor⁹. Respecto al método EMI, diferentes revisiones sistemáticas y meta-análisis han sugerido que el EMI en los

pacientes ventilados puede mejorar la fuerza muscular inspiratoria, la tolerancia a la actividad funcional y potencialmente disminuir la estancia en la UCI ^{10, 11, 12}.

A pesar de los beneficios que hasta la actualidad ha demostrado la evidencia, el EMI no es una práctica estándar en la mayoría de unidades de cuidado intensivo probablemente debido a que la definición de destete varía entre los estudios, limitando la generalización y contribuyendo a la heterogeneidad en el efecto del tratamiento. En consecuencia, hasta el momento no es posible confirmar o refutar la hipótesis de que el entrenamiento muscular inspiratorio es efectivo en términos de fortalecimiento muscular respiratorio y con ello, contribuye a facilitar los procesos de destete de VM invasiva¹¹.

Los estudios que han sido analizados sobre entrenamiento muscular inspiratorio presentan una población diversa en su gran mayoría han sido pacientes que se encuentran en destete prolongado, pacientes traqueostomizados y pacientes diagnosticados con EPOC^{13,14}; son pocos los que han determinado la población diana con respecto al tiempo en ventilación mecánica para dar inicio al entrenamiento muscular inspiratorio² y la aplicación de herramientas que permitan la evaluación continua a la cabecera de la cama de la fuerza muscular respiratoria global y específica para la funcionalidad del diafragma encaminadas a la consecución de un destete exitoso.

Dentro de este marco, en el macroproyecto, el cual tiene por objetivo determinar el comportamiento de variables ultrasonográficas del diafragma como: fracción de engrosamiento, excursión diafragmática en los pacientes en VM mayor a 72 horas que realizan entrenamiento muscular diafragmático en una unidad de cuidado intensivo de la ciudad de

Cali, se desarrolló paralelamente el presente estudio encaminado a la medición de la PIMax para la misma población.

Tanto ultrasonografía diafragmática como PIMax, son herramientas no invasivas utilizadas para el seguimiento y evaluación de resultados del EMI. El conocimiento en el área aportando evidencia en el uso de la ultrasonografía como método para identificar tempranamente la disfunción diafragmática y la medición de la PIMax actualmente al alcance del fisioterapeuta para identificar tempranamente la debilidad muscular respiratoria, permiten priorizar y optimizar el tratamiento, mostrando resultados confiables para orientar o reorientar la implementación de protocolos de EMI, favoreciendo a la disminución de los tiempos de ventilación, destete y estancia hospitalaria, y así contribuir a un mayor nivel de funcionalidad al egreso de UCI; y al reintegro social, familiar, laboral.

Por lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación **“¿los pacientes con ventilación mecánica durante un periodo mayor a 72 horas en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali, sometidos a EMI por 7 días, presentan cambios en la presión Inspiratoria máxima?”**.

2. JUSTIFICACIÓN

La disfunción diafragmática inducida por la VM se ha convertido en un tema de gran preocupación en la UCI, la cual tiene como principal consecuencia una mayor duración de la VM y una estrecha relación con mayores tasas de falla en el destete ventilatorio⁴.

En la actualidad, la evidencia de la alteración en estructura y disfunción del diafragma, tales como atrofia y debilidad de la contracción muscular, es fuerte, con sus consecuencias ampliamente conocidas que conllevan a la dependencia prolongada del ventilador², y complicaciones secundarias, como mayor exposición al desarrollo de isquemia traqueal, neumonía y daño pulmonar inducidos por la VM¹⁵, todo ello con impacto negativo a nivel de funcionalidad y calidad de vida del paciente así como con una mayor mortalidad en este tipo de población.

Estudios epidemiológicos realizados en Colombia^{16,17}, informan sobre la frecuencia con la que se incluye dentro del abordaje de los pacientes ingresados a UCI, la VM invasiva, los cuales evidencian porcentajes significativos, y una tendencia al aumento, con el paso de los años, de la tasa de pacientes que durante su estancia en UCI requieren apoyo con VM para el manejo de su patología (62.1%), población dentro de la cual se destaca la existencia de un porcentaje significativo de pacientes con soporte ventilatorio prolongado y destete difícil (76.6% con VM de 1–7 días, 17.7% con VM mayor a 7 días, y 3.5% con VM a 21 días)¹⁷; situación que debe intervenir de manera terapéutica, con la finalidad de evitar la debilidad muscular respiratoria y sus implicaciones futuras a nivel de funcionalidad y participación social, con el desencadenamiento de las diferentes situaciones clínicas negativas.

Por lo cual dentro de la evidencia científica reciente se destaca el EMI, como estrategia determinante para facilitar el destete de VM, con el objetivo principal de mejorar la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios¹⁵, herramienta terapéutica apoyada por literatura reciente donde se cataloga como seguro y factible en pacientes seleccionados de UCI dependientes del ventilador y en aquellos recientemente destetados de VM, contribuyendo a la disminución de los días con soporte ventilatorio, facilitar su destete, mejoría de la fuerza muscular inspiratoria y la calidad de vida, particularmente en los pacientes que experimentan VM durante 7 días o más¹¹, mediante la aplicación de una carga al músculo respiratorio, con el objetivo de oponerse a los efectos catabólicos de la VM e inactividad diafragmática, mejorando de esta manera la activación de fibra, área de sección transversal y fuerza contráctil².

Actualmente a pesar de que existe evidencia y es recomendado, las herramientas que facilitan los procesos de destete ventilatorio (EMI, y medición de PIMax), en nuestro medio son poco utilizadas, por lo cual, el presente estudio, que hace parte del macroproyecto denominado: “Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali”, es un marco referencial en el campo de la Fisioterapia Cardiopulmonar, relacionado con la medición de la PIMax para el seguimiento y evaluación de resultados del EMI como una herramienta no invasiva, al alcance del fisioterapeuta para identificar tempranamente la debilidad muscular respiratoria, lo cual permitirá priorizar y optimizar el tratamiento, mostrando resultados confiables para orientar o reorientar la implementación de protocolos de EMI,

favoreciendo a la disminución de los tiempos de ventilación, destete y estancia hospitalaria, y así contribuir a un mayor nivel de funcionalidad al egreso de UCI; y al reintegro social, familiar, laboral.

Este trabajo está soportado con las directrices de la Guía de Práctica Clínica de la Asociación Americana de Terapia Fisca, (APTA por sus siglas en inglés)¹⁸, la cual destaca la utilidad práctica, la importancia de la evidencia científica de las técnicas de medición y evaluación y sugiere el uso de herramientas terapéuticas no invasivas y fáciles a ejecutar en la cabecera del paciente, enmarcadas dentro del quehacer profesional del fisioterapeuta, como intervención necesaria, complementaria y segura dentro del proceso de rehabilitación.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar la Presión Inspiratoria máxima en pacientes ventilados mecánicamente por más de 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali

3.2 Objetivos específicos

- Describir las características sociodemográficas y clínicas, de los pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas que reciben entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidado intensivo de la ciudad de Cali.
- Describir los cambios en la presión inspiratoria máxima, según la nueva definición de destete de la ventilación mecánica The Wind Study.

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

- **Anatomía funcional del diafragma:**

Los músculos respiratorios son los elementos que cumplen con la función activa de bomba ventilatoria, estos músculos se contraen intermitentemente modificando la presión, forma y volumen del tórax. El diafragma es el principal músculo respiratorio, sin embargo para su correcto funcionamiento se requiere una participación coordinada y secuencial de otros músculos. Su actividad contráctil puede comprometerse en situaciones patológicas desde el sistema nervioso central hasta la célula muscular, conllevando a su debilidad (alteración reversible) y con ello deterioro de su efectividad mecánica, lo que puede desencadenar una insuficiencia ventilatoria. Dentro de la práctica clínica diaria, se destaca la VM prolongada, como uno de los desencadenantes principales²⁰.

Sus dimensiones se relacionan con el peso y talla del individuo²¹, contando con una masa muscular correspondiente a un 95% del peso total del diafragma. El aporte sanguíneo al diafragma depende de las arterias: mamaria interna, intercostales y frénicas. Estas se anastomosan para minimizar el riesgo de isquemia durante las situaciones de reducción del flujo; su inervación motora proviene de los nervios frénicos izquierdo y derecho (raíces nerviosas de C3 a C5)²⁰.

La eficiencia de la contracción del diafragma requiere de una correcta aferencia de la información respecto a la carga y posición del músculo. Sin embargo, el diafragma posee muy pocas terminaciones propioceptivas. Por ello, se asume que la compensación diafragmática

ante las cargas esté mediada más por estructuras intrínsecas, como el aparato de Golgi en el tendón central, que a través de un verdadero feed-back mediado por vía neural²⁰.

El diafragma es un músculo esquelético estriado. Su actividad es continua y esencial para la vida, por lo cual posee unas características específicas, contando con mayor tolerancia ante la fatiga, flujo sanguíneo, capacidad oxidativa y densidad capilar que los músculos de las extremidades²⁰.

El diafragma se compone de unidades motoras, que incluyen cientos de fibras de los tres tipos clásicos: tipo I las cuales se caracterizan por una oxidación lenta de la glucosa y una mayor resistencia a la fatiga, tipo IIa muestran glucólisis oxidativa rápida y son resistentes a la fatiga y tipo IIb muestran glucólisis rápida, y sensibilidad a la fatiga²⁰.

El diafragma de individuos adultos sanos contiene aproximadamente un 80% de fibras resistentes a la fatiga (55% de tipo I, 25% de tipo IIa) comparado con el 40% de los músculos de las extremidades, además con un mayor contenido mitocondrial que el mismo tipo de fibra de los músculos de las extremidades. La proporción de cada tipo de fibras en un músculo es dinámica, puede cambiar en respuesta a diversos factores, como la edad, estado nutricional proteico calórico, entrenamiento físico, y sobrecarga crónica (mecánica o ventilatoria) del sistema respiratorio. Por otra parte, el diafragma difiere funcionalmente de otros músculos en cuanto que se contrae ante cargas resistivas (vías aéreas) y elásticas (pared torácica y pulmones), más que ante fuerzas de inercia²⁰.

- **Disfunción muscular diafragmática inducida por la ventilación mecánica (DDIVM).**

La disfunción del diafragma inducida por el ventilador (DDIVM), se define como una disminución de la resistencia del diafragma, dependiente del tiempo, después del inicio de la VM. Los datos experimentales han demostrado que la resistencia del diafragma también es sensible a los eventos observados con frecuencia en la UCI, como el hipercatabolismo y el uso de corticoesteroides, factores que constituyen insultos que pueden alterar la función del diafragma más o menos rápidamente durante el transcurso de una estadía en la UCI⁴.

El diafragma, como todos los músculos estriados, puede estar involucrado en la falla orgánica generalizada relacionada con el estado de shock. Los estudios electromiográficos e histopatológicos realizados de manera temprana durante la estadía en la UCI han demostrado que más del 50% de los pacientes con sepsis severa muestran signos de daño neuromuscular. En estos estudios, las anomalías electromiográficas y la disfunción mitocondrial se asociaron con una mayor mortalidad, siendo este músculo extremadamente sensible al shock en general y a la sepsis en particular⁴.

Se debe sospechar de DDIVM, al encontrar dificultades para suspender el soporte ventilatorio, situación que se presenta en el 20-25% de los pacientes con VM, con necesidad de dedicar hasta un 40% del tiempo en UCI al proceso de destete. Los músculos respiratorios juegan un papel fundamental en la determinación del resultado del destete por lo que su disfunción tiene gran impacto dentro de la práctica clínica. Su diagnóstico se fundamenta en la historia de VM controlada, prolongada más el descarte de otras posibles causas de debilidad diafragmática. Por lo tanto, el escenario clínico "típico" en el cual sospechar DDIVM, es un paciente que no

desteta después de un período de VM controlada, la cual podría contribuir a las dificultades de destete debido a la atrofia y otros efectos de desuso en los músculos respiratorios¹.

En estudios en animales se reporta disminución de la capacidad de generación de fuerza diafragmática en VM controlada, donde la generación de presión transdiafragmática durante la estimulación del nervio frénico se reduce significativamente de manera dependiente del tiempo, iniciando temprano, incluso a las primeras 24h y disminuyendo significativamente a mayor tiempo de VM. La resistencia del diafragma también se ve afectada negativamente, se identifica entonces una capacidad reducida para mantener la fuerza diafragmática frente a una carga resistiva inspiratoria¹.

Se identifica entonces que la DDIVM no se debe a cambios en el volumen pulmonar ni a la alteración de transmisión del impulso nervioso a nivel del nervio frénico y la unión neuromuscular la cual permanece intacta, pero si se encuentra que el potencial de acción muscular disminuye, lo que sugiere que la excitabilidad y/o excitación-contracción de la membrana de la fibra muscular sufre deterioro, lo que disminuye la generación de presión inspiratoria máxima, atrofia, y aparición de fatiga diafragmática una vez que se reanuda la respiración espontánea, como durante los intentos de destete de la VM.

La atrofia de la fibra muscular diafragmática durante VM controlada se desarrolla rápidamente (a las 18 horas) y en un grado significativamente mayor que en los músculos esqueléticos periféricos. La atrofia por desuso puede ser el resultado de una disminución de la síntesis de proteínas, aumento de la proteólisis, o ambos; además de ello, la VM controlada se asocia con el aumento del estrés oxidativo en el diafragma, evidenciado en el aumento de la oxidación

de proteínas y los subproductos de la peroxidación lipídica, cambios que se presentan dentro de las 6 horas posteriores al inicio de VM¹.

Adicional a ello, el desarrollo de debilidad muscular inspiratoria con VM prolongada se ve agravado por otros factores que afectan el rendimiento muscular, como la presión positiva al final de la espiración (PEEP), parámetro ampliamente utilizado en pacientes con insuficiencia respiratoria, pero que tiene efectos adversos sobre la longitud muscular diafragmática, pudiendo conducir a aplanamiento diafragmático y acortamiento muscular con cambios desfavorables a lo largo de la curva de tensión de longitud, agravando aún más debilidad muscular inspiratoria²².

- **Factores de interacción en disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica (DDIVM).**

De acuerdo a la literatura disponible sobre el tema, la debilidad muscular inspiratoria se explica parcialmente por la atrofia por desuso secundaria a la VM. También es probable que la polineuropatía, efectos nutricionales y farmacéuticos sean factores contribuyentes a la aparente debilidad muscular en pacientes críticos, incluyendo factores psicológicos como la ansiedad, los cuales pueden retrasar el destete ventilatorio²².

Sepsis

De acuerdo al estudio de Demoule y cols. la sepsis es un importante factor de riesgo independiente para la disfunción diafragmática en el paciente que ingresa a UCI, evidenciando dentro de su proyecto que los pacientes con sepsis tuvieron una disfunción del diafragma más

grave que los pacientes con otras causas de shock. Dentro de este estudio se evidenció que solo la sepsis y la gravedad de la enfermedad se asociaron de forma independiente con la disfunción diafragmática; debido a que la gravedad en el ingreso a la UCI está asociada con el número y la magnitud de las fallas orgánicas; esta asociación, según los autores, sugiere que la disfunción diafragmática podría ser otra expresión de la falla crítica de una enfermedad orgánica múltiple⁴.

La falla orgánica múltiple inducida por sepsis se ha identificado como uno de los principales factores de riesgo para la debilidad adquirida en UCI, la cual se acompaña por desgaste muscular, que no necesariamente conduce a una disfunción neuromuscular²³.

Fármacos

Los efectos potenciales de los agentes farmacológicos sobre la fuerza muscular respiratoria también deben considerarse en pacientes críticos. Los bloqueantes neuromusculares y corticoesteroides han sido implicados en el desarrollo de debilidad adquirida en UCI, utilizados en cuidados intensivos para el tratamiento de la hipertensión intracraneal y la disincronía del ventilador. Se ha sugerido que el bloqueo de la transmisión neuromuscular normal y la interferencia con la estructura de la placa terminal conducen a una aceleración de la miopatía por enfermedad crítica, músculo que no se recuperará hasta que se proporcione la estimulación funcional normal. En pacientes sin enfermedad pulmonar subyacente, se ha demostrado que los esteroides a dosis altas y duración prolongada reducen la fuerza y la resistencia muscular inspiratoria, lo que puede comprometer aún más la debilidad muscular respiratoria en pacientes dependientes del ventilador²³.

Polineuropatía del paciente crítico

La polineuropatía por enfermedad crítica ha sido considerada durante mucho tiempo como un contribuyente a la dificultad en destete de VM, por lo tanto, cualquier debilidad muscular aparente en pacientes críticos puede ser debido a factores neuropáticos y miopáticos, por lo que también es posible que ella contribuya a la dependencia del ventilador.

Además de la debilidad adquirida en UCI, las patologías del sistema neuromuscular: miastenia gravis y el síndrome de Guillain-Barré, a menudo provocan dependencia del ventilador a largo plazo y estas patologías subyacentes casi seguramente contribuirán a la disfunción respiratoria. Existen algunas pruebas limitadas de que el entrenamiento muscular inspiratorio puede mejorar la fuerza y la resistencia muscular inspiratoria en dichos pacientes²².

Edad

Durante la VM la movilidad diafragmática disminuye, favoreciendo su disfunción al interactuar con diversos factores como la edad avanzada, pues dentro de la literatura está bien definido como la fuerza, la masa y la estructura del músculo esquelético cambian con la edad, identificándose a los 70 años reducción de la masa muscular de entre el 20 y el 30%, junto a una disminución de la fuerza periférica entre el 20 y el 40%, sin embargo, es necesario tener en cuenta que los cambios con la edad en los músculos respiratorios y en la musculatura periférica pueden ser diferentes, puesto que la actividad respiratoria es continua, mientras que la de los músculos periféricos no²⁴.

La disfunción de los músculos respiratorios relacionada con la edad ha sido demostrada mediante la disminución de la fuerza de estos, con la caída de 0,8 a 2,7 cm H₂O/año de la

presión inspiratoria máxima en edades entre 65 y 85 años, y la caída de un 25% de la presión transdiafragmática en adultos entre 65 a 75 años, lo cual puede explicarse por el efecto acumulativo de los radicales activos de oxígeno, que puede desencadenar procesos proteolíticos²⁴.

Nutrición

Una nutrición inadecuada también puede contribuir a la dificultad del destete ventilatorio. Se sabe que el trauma, la cirugía mayor y el hambre a corto plazo reducen la síntesis de proteínas. Además, la sepsis deteriora la función mitocondrial en los músculos respiratorios y de las extremidades. Sin embargo, los pacientes sépticos demuestran una preservación relativa de las fuentes de energía (trifosfato de adenosina, fosfato de creatina) en los músculos respiratorios, lo que podría mejorar el potencial de entrenamiento de estos músculos en relación con los músculos periféricos²³.

En sujetos sanos, el momento y la calidad de la nutrición afecta directamente las vías de síntesis muscular. Por lo cual un aporte nutricional adecuado, es necesario para un EMI exitoso en pacientes críticos. Por el contrario, los pacientes dependientes del ventilador con una nutrición inadecuada o un estado metabólico basal deficiente pueden tener una disponibilidad de sustrato inadecuada para satisfacer la demanda de proteínas sintéticas, lo que reduce la eficacia del entrenamiento muscular²³.

- **Entrenamiento Muscular Inspiratorio (EMI).**

A raíz de los múltiples factores que contribuyen al desarrollo de debilidad diafragmática y con ello al destete difícil de VM, se proponen medidas que reduzcan dicha afección tales como

minimizar la VM controlada y reducir las dosis de medicamentos que afectan la función muscular respiratoria, sin embargo esto no es suficiente y la debilidad muscular respiratoria permanece detectable aproximadamente siete días después del destete exitoso²³, por lo cual se exalta el EMI como herramienta terapéutica para el fortalecimiento diafragmático¹².

El EMI es el fortalecimiento dirigido de los músculos inspiratorios mediante la aplicación de resistencia durante la inspiración la cual se puede realizar de dos maneras: carga resistiva y carga umbral, cuya diferencia radica en que la carga resistiva depende del flujo generado por el paciente, lo que hace que la intensidad del entrenamiento sea variable, dependiendo del esfuerzo, mientras que con el umbral de carga, los pacientes deben generar una presión predeterminada para permitir el flujo de aire para cada respiración, y una vez que se alcanza ese umbral, el flujo inspiratorio no depende del esfuerzo del paciente. Lo cual significa que la carga de umbral es el método más fácil para prescribir EMI en los pacientes de UCI, encontrándose los mayores beneficios; el mecanismo umbral consiste en un instrumento que cuenta con un resorte componente encargado de realizar la resistencia para el entrenamiento; a través de este mecanismo el profesional puede estar seguro de la reproducibilidad de los esfuerzos del paciente, para lograr un beneficio de fortalecimiento¹².

Para la ejecución de dicho entrenamiento, se cuenta con diferentes protocolos que incluye tanto entrenamiento en intervalos de alta intensidad como entrenamiento enfocado en la resistencia; en muchas ocasiones los pacientes de la UCI no son capaces de mantener la inspiración resistida durante varios minutos, por lo cual, actualmente, en el estudio de Bissett y colaboradores desarrollado en 2019, se recomienda protocolos con intervalos de alta intensidad utilizando pocas repeticiones en la más alta resistencia correspondiente al 50% de

la PIM, manejable para cargar brevemente los músculos inspiratorios, al mismo tiempo permitir descansos y recuperación entre series para maximizar la tolerabilidad¹².

Dentro de las ventajas del EMI se destaca que se puede realizar tanto en pacientes que respiran de forma independiente como en VM, idealmente en posición sedente, teniendo en cuenta diversos factores clave para determinar si es apropiado y si el paciente se verá beneficiado del inicio de EMI, tales como: el estado de alerta y cooperación, fundamental al necesitar de la participación activa del paciente dentro del EMI y así pueda percibirse como un estímulo de entrenamiento temporal y no se traduzca en una fuente de angustia, requiriendo dentro de este aspecto un trabajo multidisciplinario al requerir minimizar la sedación, PEEP menor o igual a 10cmH₂O, FIO₂ (Fracción Inspirada de Oxígeno) menor o igual a 60%, frecuencia respiratoria menor o igual a 25 respiraciones por minuto, para los pacientes que se encuentren en VM, características que comparten con los pacientes que tienen destete reciente de la misma; el EMI puede realizarse con o sin vía aérea artificial, existiendo múltiples piezas adaptables para hacer factible con tubo orotraqueal, traqueostomía, o a través de la boca del paciente; es necesario conocer que el entrenamiento a través de carga umbral requiere desconexión de ventilación mecánica, por lo cual es necesario tener en cuenta los factores ya mencionados, procurando minimizar el riesgo de inestabilidad hemodinámica, o atelectasia durante el EMI¹².

Los pacientes con mayor probabilidad de beneficiarse del EMI son aquellos que no han logrado destete de VM a través de los métodos habituales; aunque la debilidad muscular inspiratoria puede ser evidente desde las 24 a las 48 h posteriores al inicio de la VM, el EMI ejecutado muy pronto, es decir, a las 48 h, sólo ha mostrado un beneficio mínimo en términos

de éxito en destete. Los pacientes con destete prolongado ≥ 7 días tienen alteración en la fuerza y resistencia muscular inspiratoria, lo cual se manifiesta en disnea tanto en reposo como durante el ejercicio. Actualmente, de acuerdo al estudio de Bissett y cols, la recomendación es considerar EMI, para cualquier paciente de la UCI a partir del día 7 de VM. Sin embargo existen casos específicos en los que no es conveniente el entrenamiento muscular, destacándose aquellos que se están deteriorando de manera aguda, experimentan dolor intenso o disnea, o que han cambiado a un enfoque de tratamiento paliativo¹².

El equipo recomendado para ejecutar EMI, como ya se dijo, es el que posee una carga umbral que puede proporcionar una resistencia de entrenamiento adecuada para los pacientes en UCI, que oscila entre 9 y 41 cmH₂O. Este dispositivo se puede conectar a un tubo oro-traqueal o traqueostomía a través de un conector flexible o rígido, ya sea directamente o a través de un circuito de succión conectados en línea. Para pacientes con una carga elevada de esputo, es aconsejable mantener el circuito de succión in situ, ya que puede ser necesaria la aspiración entre series de EMI¹².

El dispositivo Threshold utilizado dentro de la presente investigación, incorpora una válvula unidireccional independiente del flujo para garantizar una resistencia constante; al ser un dispositivo umbral mantiene una presión constante, sin importar el flujo de aire del paciente, proporcionando una presión constante y específica para fortalecer músculos respiratorios, lo que indica que el paciente será entrenando siempre con el mismo nivel de presión, ajustable en cmH₂O; cuando el paciente inhala a través del dispositivo Threshold IMT, una válvula accionada por resorte ofrece una resistencia que ejercita los músculos respiratorios (Larson)¹⁵.

En los pacientes de la UCI, que frecuentemente cursan con debilidad muscular respiratoria, con PIM bajas (30-35cmH₂O o menores), es poco probable que dichos músculos toleren la carga sostenida sin producir fatiga, por lo cual para maximizar los beneficios y minimizar la angustia, la evidencia proporciona un enfoque de alta intensidad y baja repetición, con buena tolerancia a una intensidad de al menos el 50% de PIM, aunque en la práctica se debe considerar el umbral mínimo de entrenamiento, con una intensidad titulada hacia arriba al nivel más alto tolerado donde el paciente puede completar la sexta respiración en un conjunto de seis respiraciones; de acuerdo al estudio de Bisset y cols de 2019, un paquete total de cinco series de seis respiraciones diarias, es decir un total de 30 repeticiones (con días de descanso los fines de semana) es bien tolerado, y en pacientes cuidadosamente seleccionados, es poco probable que produzca un deterioro a corto plazo en la saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca o presión arterial, incluso sin oxígeno suplementario durante el entrenamiento, exaltan también la importancia de devolver al paciente a VM entre serie y serie, en periodos de descanso de 1-2 minutos¹².

- **Efectividad del Entrenamiento Muscular Inspiratorio (EMI).**

El fundamento de la adaptación muscular mecánica y metabólica después del entrenamiento es la biogénesis mitocondrial y de miofilamentos²², lo que explicaría la modificación del mecanismo básico de la biogénesis muscular propia de algunas enfermedades respiratorias y podría determinar diferentes tasas de éxito ante el entrenamiento y propiciar el proceso de destete de la liberación de la VM²⁵.

En un estudio en pacientes con EPOC¹⁴, demostraron que el EMI provoca una mejoría funcional específica de la musculatura inspiratoria y cambios adaptativos en la estructura de

los músculos intercostales externos. El beneficio funcional está relacionado con el aumento de las fibras tipo I en una proporción aproximada del 38% y en las fibras tipo II hay un aumento en el tamaño del 21% aproximadamente de los músculos intercostales externos.

En sujetos sanos, se encontró que el EMI mejora el rendimiento del ejercicio de resistencia en los individuos con bajo estado físico y en las personas que realizan deporte se gana una mayor duración²⁶.

En el paciente crítico se ha descrito que el EMI, mejora parámetros como volumen corriente y las presiones respiratorias máximas²⁷, condiciones que influyen en el proceso de destete ventilatorio del paciente²², y reducen el riesgo de reintubación²⁸.

Un meta-análisis reciente concluyó que el EMI en los pacientes críticos es un procedimiento confiable y bien tolerado, con el cual se alcanza mejorar moderada pero potencialmente significativa fuerza muscular respiratoria; sin embargo aún faltan estudios que confirmen el impacto en resultados clínicos, funcionalidad a largo plazo y calidad de vida en el paciente crítico²⁹.

Bisset y cols³⁰ en 2016 realizaron un ensayo clínico controlado y aleatorizado, reclutaron a 70 participantes, cuyo objetivo fue evaluar si con EMI, al mejorar la fuerza y resistencia muscular inspiratoria se puede mejorar la disnea y la calidad de vida en pacientes con VM prolongada por más de 7 días luego de haber tolerado la extubación por más de 48 horas, encontrando que el grupo de entrenamiento demostró mayores mejoras en la fuerza inspiratoria (entrenamiento: 17%, control: 6%, diferencia media: 11%, $p = 0,02$) y la calidad de vida fue

mayor en el grupo de entrenamiento después del destete (14% frente a 2%, diferencia media 12%, $p = 0,03$); no es concluyente respecto a un mayor riesgo asociado de mortalidad intrahospitalaria.

Es posible considerar que la proteólisis del músculo inspiratorio en pacientes dependientes del ventilador podría ser revertida proporcionando un estímulo anabólico neto con el EMI. Pese a, las ganancias de fuerza muscular inspiratoria asociadas podrían mejorar el proceso de liberación de la VM, aún no está claro si la debilidad muscular respiratoria asociada con la VM prolongada es reversible³⁰.

- **Adaptaciones al ejercicio:**

Adaptaciones musculares:

En el ser humano, todos los músculos tienen porcentajes variables de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta. Las diferencias básicas entre las fibras de contracción lenta y las fibras de contracción rápida son las siguientes:

1. Las fibras de contracción rápida tienen un diámetro aproximadamente doble que las de contracción lenta.
2. Las enzimas que favorecen la liberación rápida de energía desde los sistemas energéticos de los fosfágenos y del glucógeno-ácido láctico son de dos a tres veces más activas en las fibras de contracción rápida que en las de contracción lenta, permitiendo que la máxima

potencia que se puede alcanzar durante períodos breves de tiempo en las fibras de contracción rápida sea el doble que en las de contracción lenta.

3. Las fibras de contracción lenta están diseñadas fundamentalmente para la resistencia, especialmente para la generación de energía aeróbica. Tienen muchas más mitocondrias que las fibras de contracción rápida. Además contienen considerablemente más mioglobina, lo cual aumenta la velocidad de difusión del oxígeno a través de la fibra, lanzando oxígeno de una molécula de mioglobina a la siguiente. Además, las enzimas del sistema metabólico aeróbico son considerablemente más activas en las fibras de contracción lenta que en las rápidas.

4. El número de capilares es mayor en las proximidades de las fibras de contracción lenta que alrededor de las fibras de contracción rápida.

Por lo tanto, las fibras de contracción rápida pueden desarrollar cantidades extremas de potencia durante unos pocos segundos hasta 1 min aproximadamente. Por el contrario, las fibras de contracción lenta proporcionan resistencia, desarrollando una fuerza muscular prolongada durante varios minutos hasta horas³¹.

Adaptaciones neurológicas:

La mejora de la producción de fuerza está determinada no sólo por el aumento del área de sección transversal (AST) y la distribución de las fibras de los grupos musculares participantes, sino también por la magnitud de la activación de la masa muscular (factores neurales). Se ha demostrado que al someter a un grupo de personas a 12 semanas de entrenamiento muscular

intensivo se produce un incremento significativo en la fuerza máxima sin cambios en la masa muscular en la musculatura trabajada. Asimismo, después de 6 semanas de entrenamiento se observa incrementos mayores en la producción de fuerza³².

Los incrementos de fuerza inducidos por el entrenamiento se asocian a un proceso de adaptación en el sistema nervioso, ya sea por un aumento en la activación de la musculatura agonista o bien por cambios en los patrones de activación de la musculatura antagonista. Las adaptaciones del sistema nervioso al entrenamiento de fuerza se producen tanto en la transmisión desde el sistema nervioso central, como en las respuestas de tipo reflejo a nivel de la médula espinal. Además, se origina una retroalimentación de ambos centros nerviosos desde los receptores sensoriales periféricos³².

Se considera que durante las primeras etapas del entrenamiento, el aumento de la activación nerviosa es uno de los factores determinantes del desarrollo de la fuerza. En cambio, una vez pasadas las 3-5 primeras semanas los factores hipertróficos prevalecen sobre los de tipo neural³².

Adaptaciones esqueléticas:

La respuesta del hueso a la carga mecánica suele ser local y no generalizada en todo el esqueleto, y en este sentido hay un cierto paralelismo con las adaptaciones musculares derivadas del entrenamiento de la fuerza que también se manifiestan a nivel local³³.

Las adaptaciones específicas en relación al ejercicio dependen del estado de maduración ósea. Durante el entrenamiento se presenta un estímulo específico de carga para el hueso y

como respuesta sufre deformación, lo que genera la formación de un nuevo tejido óseo en dichas zonas, la adaptación del hueso trabecular es más rápida a los estímulos que el hueso cortical el aumento del diámetro óseo es consecuencia de la creación del nuevo hueso, principalmente, en el periostio ³³.

Adaptaciones del tejido conectivo:

Las fuerzas mecánicas asociadas a la actividad física son el principal estímulo para el crecimiento de los tendones, ligamentos y fascias. El ejercicio aeróbico genera incremento del metabolismo del colágeno. Las cargas de alta intensidad inducen un crecimiento neto del tejido conectivo involucrado para el sistema músculo esquelético³⁴.

Adaptación cardiovascular:

Al realizar ejercicio, la demanda de oxígeno en los músculos activos aumenta de forma acusada, se utilizan más nutrientes. Los procesos metabólicos se aceleran, por lo que se crean más productos de deshecho.

Durante el ejercicio se producen numerosos cambios cardiovasculares. Todos comparten un objetivo común: permitir que el sistema satisfaga las demandas impuestas sobre él al desempeñar sus funciones con la máxima eficacia. Para comprender mejor los cambios que se producen, se determina los cambios en todos los componentes del sistema cardiovascular, observando específicamente los siguientes:

-Frecuencia cardíaca durante el ejercicio:

La frecuencia cardíaca se incrementa rápidamente proporcionalmente a la intensidad del ejercicio, la cual se representa mediante el consumo de oxígeno, ya que los dos están en relación directa. Cuando la intensidad del esfuerzo está controlada y medida con precisión, puede predecirse el consumo de oxígeno. Por lo tanto, expresar la intensidad del esfuerzo o del ejercicio en términos de consumo de oxígeno es preciso.

-Volumen sistólico:

El volumen sistólico cambia también durante el ejercicio para permitir que el corazón trabaje más eficazmente. Con ritmos de esfuerzo casi máximos y máximos, el volumen sistólico es un determinante importante de la resistencia cardiorrespiratoria. El volumen sistólico viene determinado por cuatro factores:

1. El volumen de sangre venosa que regresa al corazón.
2. La distensibilidad ventricular.
3. La contractilidad ventricular.
4. La tensión arterial aórtica o pulmonar (la presión contra la cual deben contraerse los ventrículos).

Los dos primeros factores influyen en la capacidad de llenado de los ventrículos, los dos últimos factores influyen en la capacidad de los ventrículos para vaciarse. Estos cuatro factores controlan directamente las alteraciones en el volumen sistólico en respuesta a la creciente intensidad del ejercicio.

La mayoría de los investigadores están de acuerdo en que el volumen sistólico aumenta con ritmos crecientes de esfuerzo, pero solamente hasta intensidades de ejercicio de entre el 40

y el 60% de la capacidad máxima. En este punto, se cree que el volumen sistólico se estabiliza, permaneciendo esencialmente invariable incluso al alcanzar el punto de agotamiento.

-Gasto cardíaco:

Los cambios en el gasto cardíaco son el producto de la frecuencia cardíaca y del volumen sistólico, son predecibles con el incremento de los niveles de esfuerzo. El valor en reposo para el gasto cardíaco es aproximadamente de 5,0 l/min. El gasto cardíaco aumenta en proporción directa con el incremento de la intensidad del ejercicio hasta al menos 20 o 40 l/min. El valor absoluto varía con el tamaño del cuerpo y el acondicionamiento de resistencia. No obstante, la relación lineal entre el gasto cardíaco y el ritmo de esfuerzo no debe sorprender puesto que el propósito principal del incremento del gasto cardíaco es satisfacer la incrementada demanda de oxígeno de los músculos.

-Flujo de la sangre:

Los modelos de flujo sanguíneo cambian notablemente cuando se pasa de la situación de reposo a la de ejercicio. La sangre se redirige, mediante la acción del sistema nervioso simpático, alejándola de áreas donde no es esencial hacia áreas que están activas durante el ejercicio. Solamente entre un 15 y un 20% del gasto cardíaco en reposo va a los músculos, pero durante la realización de ejercicio intenso, los músculos reciben entre el 80 y el 85% del gasto cardíaco. Este desplazamiento del flujo sanguíneo hacia los músculos se logra principalmente reduciendo el flujo sanguíneo a los riñones, el hígado, el estómago e intestinos.

En los músculos esqueléticos, la estimulación simpática a las fibras constrictoras en las paredes de los vasos se reduce y la estimulación simpática de las fibras vasodilatadoras

aumenta. Por lo tanto, estos vasos se dilatan y fluye una cantidad adicional de sangre hacia los músculos activos.

-Tensión arterial (TA):

Con actividades de resistencia que implican a todo el cuerpo, la TAS aumenta en proporción directa con la incrementada intensidad del ejercicio. Las TAS de 120 mmHg en reposo pueden superar los 200 mmHg al llegar al agotamiento. Una TAS aumentada es la consecuencia del mayor gasto cardíaco (Q) que acompaña a intensidades crecientes de esfuerzo. Ayuda a conducir rápidamente la sangre a través del sistema vascular. Asimismo, la TA determina cuánto fluido abandona los capilares, entrando en los tejidos y transportando los suministros necesarios. Por lo tanto, la mayor TAS facilita el proceso de transporte.

- Sangre:

La diferencia arterio-venosa de O₂ aumenta. Esto sucede porque la concentración de oxígeno venoso disminuye durante el ejercicio, reflejando una mayor concentración de oxígeno para ser usado por los tejidos activos. El volumen del plasma se reduce durante el ejercicio. El fluido (agua) es expulsado de los capilares por incrementos en la presión hidrostática cuando la TA aumenta y es llevado hacia los músculos por la incrementada presión osmótica resultante de la acumulación de productos de deshecho. No obstante, con los ejercicios prolongados, se pierde una cantidad creciente de fluido del plasma por la sudoración intentando mantener la temperatura del cuerpo, poniendo a la persona en situación de riesgo de deshidratación.

La hemoconcentración se produce cuando se pierde el fluido del plasma (agua). Aunque el verdadero número de glóbulos rojos puede que no incremente, el efecto neto de este proceso es aumentar el número de glóbulos rojos por unidad de sangre, lo cual incrementa la capacidad de transporte de oxígeno. El pH de la sangre cambia significativamente durante el ejercicio, volviéndose más ácido cuando pasa de un valor ligeramente alcalino en reposo de 7,4 a 7,0 o menor. El pH muscular se reduce incluso más. La reducción del pH es el resultado principalmente de una mayor acumulación de lactato en la sangre durante la ejecución de ejercicios de mayor intensidad.

Adaptación pulmonar:

Los centros respiratorios en el tronco cerebral establecen el ritmo y la profundidad de la respiración. Los quimiorreceptores centrales del cerebro responden a los cambios de las concentraciones de dióxido de carbono y de H^+ . Cuando cualquiera de estas dos concentraciones se eleva, el centro inspiratorio incrementa la respiración. Los receptores periféricos en el arco de la aorta y en la bifurcación de la arteria carótida común responden principalmente a los cambios en los niveles de oxígeno de la sangre, pero también a los cambios en los niveles de dióxido de carbono y de H^+ .

Si los niveles de oxígeno descienden demasiado, o si los otros niveles se elevan, estos quimiorreceptores transmiten su información al centro inspiratorio, que a su vez incrementa la respiración. Los receptores del estiramiento en las vías aéreas y en los pulmones pueden hacer que el centro espiratorio acorte las respiraciones para impedir la hiperinsuflación de los pulmones. Además, se puede ejercer un cierto control voluntario sobre la respiración.

Durante el ejercicio, la ventilación muestra un aumento casi inmediato, resultante de una estimulación incrementada del centro inspiratorio producida por la propia actividad muscular. A esto le sigue un aumento más gradual como consecuencia de la elevación de la temperatura y de los cambios químicos en la sangre arterial ocasionados por la actividad muscular.

El inicio de la actividad física va acompañado por un incremento de la ventilación en dos fases: La elevación inicial de la ventilación se produce por la mecánica del movimiento corporal. Cuando el ejercicio comienza, pero antes de que se produzca ninguna estimulación química, la corteza motora se vuelve más activa y transmite impulsos estimuladores al centro inspiratorio, que responde incrementando la respiración.

La segunda fase del incremento respiratorio, que es más gradual, se produce por cambios en la temperatura y en el estado químico de la sangre arterial. A medida que el ejercicio progresa, el metabolismo incrementado de los músculos genera más calor, más dióxido de carbono y más H^+ . Todo esto favorece la descarga de oxígeno en los músculos, lo cual incrementa la diferencia arterio-venosa de O_2 . Asimismo, entra más dióxido de carbono en la sangre, que incrementa los niveles de dióxido de carbono y de H^+ en la misma. Ello es percibido por los quimiorreceptores, que a su vez estimulan el centro inspiratorio, incrementando el ritmo y la profundidad de la respiración.

Además, hay datos que indican que los receptores en el ventrículo derecho del corazón envían información al centro inspiratorio, por lo que incrementos en el gasto cardíaco pueden estimular la respiración durante los primeros minutos de ejercicio. Al final del ejercicio, la demanda muscular de energía cae casi inmediatamente hasta niveles de reposo. Pero la

ventilación pulmonar vuelve a su estado normal a un ritmo relativamente lento. Si el ritmo de la respiración se adapta perfectamente a las demandas metabólicas de los tejidos la respiración descenderá al nivel de reposo pocos segundos después de acabado el ejercicio. Pero la recuperación respiratoria precisa varios minutos, lo que indica que la respiración posterior al ejercicio se regula principalmente por el equilibrio acidobásico, por la PCO₂ y por la temperatura de la sangre.

- **Evaluación de la musculatura respiratoria.**

Debido a la localización y la dificultad para aislar la participación de los músculos involucrados en la ventilación, se torna compleja la medición clínica de las propiedades contráctiles de los mismos.

Presión inspiratoria máxima (PIM)

El Manovacuometro, instrumento diseñado para medir las presiones respiratorias estáticas máximas, tiene gran aplicabilidad para identificar cambios clínicos (debilidad muscular, capacidad de toser/expectorar), contribuyendo al diagnóstico de enfermedades neuromusculares y progresivas, prescripción de programas de EMI, destete de ventilación mecánica y evaluación de la capacidad de respuesta a las intervenciones³⁶.

Para medir PIM se realiza una maniobra inspiratoria forzada en contra de una vía aérea ocluida^{37,38}. El método para medición de PIM más antiguo, fue el realizado por Black y Hyatt (1969), quienes obtuvieron la predicción del rango de valores normales para las PIM (presión inspiratoria máxima) /PEM (presión espiratoria máxima), en edades de 20 a 74 años, identificaron que los valores de PIM y PEM en mujeres fueron del 65% al 70% de los obtenidos

en hombres, que no hubo regresión significativa de PIM/PEM con la edad en sujetos menores de 55 años, y en mayores de 55 años, la PIM y PEM disminuyeron con la edad³⁹.

Hyatt registró las presiones intraesofágicas de un globo colocado en el tercio inferior del esófago durante la tos a diferentes volúmenes pulmonares y comparó las presiones con las obtenidas por el presente método en los mismos volúmenes, el valor medio para las presiones de la tos, fue de 203cmH₂O; por el presente método fue 204cmH₂O³⁹. Identificándose la validez de constructo del manovacuometro, al comparar su medición (PIM/PEM) con la de la presión esofágica, cuyos resultados fueron convergentes.

Múltiples estudios han demostrado la utilidad del manovacuometro como instrumento de medición de PIM en sujetos sedentarios y activos,⁴⁰ efectividad de programas de EMI en pacientes de cirugía cardiovascular⁴¹, EPOC⁴²; población sana, y en diferentes contextos, siendo válido para dicha medición.

La medición de PIM e interpretación de resultados se desarrollan siguiendo un protocolo estricto (Mora U. y cols /2014), que consiste en solicitar al paciente que exhale suave, pero completamente, luego inhale tan fuerte y rápido como le sea posible, con una duración de la presión máxima alcanzada ideal de 1.5 segundos; estimular al paciente para que lo haga con toda la fuerza posible, obtener 3 intentos reproducibles, permitir descanso de 60 segundos entre un intento y otro. En los resultados, los datos se presentan como porcentaje de predichos con relación a las ecuaciones de referencia, considerándose normal medidas > 80% del valor predicho o por encima del límite inferior de normalidad; con respecto a puntos de corte en

valores absolutos, una PIM \geq a 75cmH₂O para hombres y 50cmH₂O para mujeres es considerado normal⁴³.

Por convención y para estandarizar las mediciones, la PIM se mide a partir del volumen residual; la American Thoracic Society (ATS) y la European Respiratory Society (ERS) recomiendan, en cuanto a cantidad de mediciones necesarias, tomar el máximo valor de 3 maniobras con menos de 20% de variabilidad entre ellas⁴⁴.

La confiabilidad del manovacuometro como instrumento de medición de la fuerza muscular respiratoria, se ha medido a través de diseños test retest, demostrando que las variables de función respiratoria muestran un nivel de confiabilidad moderado a alto⁴⁵. Wilches E. y cols en 2016, determinaron la confiabilidad intra e inter evaluador de la medición de la PIM; obteniendo como resultado un ICC (Índice de Correlación Intraclass) de 0,86, concluyendo que la PIM mostró ser una medida de alta confiabilidad, fundamentándose así su uso en la práctica clínica⁴⁶. Braga I. y cols en 2014, evaluaron confiabilidad test-retest y validez concurrente de un manovacuómetro digital; la correlación entre los valores observados de los dos instrumentos fue de gran magnitud para todas las variables (0.82 a 0,85), observándose fuerte asociación entre las medidas de PIM obtenidas, sugiriendo que el evaluado es un instrumento confiable y válido para dicha medición⁴⁷.

Con respecto a los valores de referencia de PIM, se toma como base la investigación realizada por Black y Hyatt, donde se exponen las fórmulas para su medición en diferentes edades; en estudios posteriores se realizó una ecuación que consideraría todos los datos anteriores de manera objetiva, para todas las edades⁴⁸. Evans JA y cols en 2009, actualizaron la declaración

de 2002 de la ATS/ERS, y proponen los valores de referencia y el límite inferior de los valores normales en función de la edad para adultos hasta aproximadamente 70 años, a través de 4 ecuaciones de referencia de regresión lineal en función de la edad⁴⁹. Según Polkey M. y cols en 1995, un PIM alto (>80 cm H₂O) es de gran valor para excluir la debilidad muscular inspiratoria clínicamente importante⁴⁸.

Herrera A. y cols en 2000, mencionan que las presiones respiratorias máximas poseen un grado de variabilidad intraindividual para PIM entre 7 y 11% e interindividual entre 8 y 37%, esto debido a factores como la disminución de la presiones máximas con la edad, peso, talla, postura, actividad física, estado de salud, hábito tabáquico y grado de educación, que influyen en su medición. En general, se acepta que una PIM>80cmH₂O permite excluir afectación muscular significativa y valores <50cmH₂O deben llevar a sospecharla⁵⁰.

Díaz L y cols en 2010, encontraron que PIM en los pacientes con diagnóstico clínico de debilidad adquirida en UCI está significativamente disminuida y el límite de 36cmH₂O posee un alto valor de diagnóstico para descartar la presencia de debilidad inspiratoria asociada a debilidad adquirida en UCI⁵¹.

Para Colombia, Gil L y cols en 2012, buscaron determinar los valores de PIM y PEM en sujetos sanos de 20 años de edad de Manizales y correlacionarlos con variables sociodemográficas y antropométricas; se determinó el valor promedio de 75cmH₂O para PIM y 96.4cmH₂O para PEM, ambos mayores en hombres que en mujeres y se establecieron ecuaciones de predicción para su valores normales en sujetos sanos. Como conclusión se evidencian valores de PIM/PEM inferiores en población Manizaleña que los encontrados en estudios realizados

a nivel internacional; contrastando con Black y Hyatt (94.5PIM y175.5 PEM), Rodríguez et al (90 PIM y 12cmH₂O PEM). Simoes (91 PIM y 98 cmH₂O PEM), Neder et al (100 PIM y 106cmH₂O PEM), Parreira et al, (86 PIM y 111cmH₂O PEM), Costa (82 PIM y 102 PEM)⁵².

La medición de PIM es una prueba sencilla, y de gran utilidad en el campo médico, sin embargo presenta ciertas desventajas al ser dependiente del esfuerzo, adecuada comprensión y ejecución de la maniobra, por lo cual debe siempre realizarse con un adecuado control de calidad. Se tiene también que existen varios determinantes que influyen en la variabilidad de los valores de PIM, tales como: variabilidad en los puntos de corte o ecuaciones de referencia entre los diferentes grupos étnicos, el equipo utilizado, tipo de boquilla, posición para realizar la maniobra y las variables antropométricas⁴³.

- **Ventilación mecánica invasiva.**

La Ventilación Mecánica invasiva (VM) es una terapia de soporte vital administrada con el fin de proporcionar una adecuada ventilación alveolar y un intercambio gaseoso efectivo en pacientes críticamente enfermos. Generalmente está indicada en la falla respiratoria aguda, el compromiso de conciencia y la exacerbación de una patología respiratoria crónica; su uso prolongado lleva a diferentes complicaciones, entre las más comunes están: la atrofia de las fibras de contracción lenta y rápidas del diafragma, isquemia traqueal 68%, úlcera traqueal 10%, ruptura traqueal 1% y neumonía post intubación²⁴.

Destete de la ventilación mecánica⁷

Es estimado que el 40% de la duración de la VM es dedicado al proceso de destete; inicia con el primer intento de separación de la VM, y finaliza cuando el paciente se separa con éxito del

ventilador o si el paciente muere. En un estudio epidemiológico se presenta una nueva clasificación de destete ventilatorio en la que logran incluir casi la totalidad de los pacientes en VM: “the Wind Study”⁷.

La VM se usa diariamente como una técnica para salvar vidas en UCI. Su aplicación, sin embargo, es asociada con complicaciones graves y costos, a menudo directamente relacionados con la duración de VM. Del mismo modo, el fracaso en la extubación contribuye a resultados como: mayor duración de la VM, mayor duración de estancia en la UCI y en el hospital, y se asocia con mayor mortalidad. Por lo tanto, el destete de la VM representa un paso crucial para cada paciente, y es fundamental con el fin de acortar la duración de la VM⁷.

A pesar de la importancia de este período, el proceso de destete no es rigurosamente definido, con amplias variaciones en definiciones y prácticas, siendo difícil la realización e interpretación de estudios epidemiológicos⁷.

La nueva definición y clasificación WIND se realiza después de observar la variedad de prácticas y para cubrir el rango de situaciones clínicas encontradas, y propone una evolución de la clasificación ICC International Consensus Conference. El wind study definió el inicio del destete como cualquier tipo de intento de separación (sin contar con la reducción previa en el soporte de ventilación), calculó la duración de este proceso y su pronóstico, y propuso las siguientes definiciones⁷:

Para pacientes intubados.

- Intento de separación de la VM: una prueba de respiración espontánea (PRE) con o sin extubación, o una extubación directamente realizado sin PRE (cualquiera sea el tipo: planificado o extubación no planificada).
- Destete o separación exitosa: extubación sin muerte o reintubación de los próximos 7 días postextubación, con o sin necesidad de ventilación no invasiva (VNI), o la salida de la UCI sin VM invasiva dentro de 7 días, lo que ocurra primero. La fecha del destete exitoso fue contado retrospectivamente al día de extubación después de que el paciente haya completado 7 días sin reintubación (o fue dado de alta antes sin reintubación)⁷.

Para pacientes traqueostomizados.

- Intento de separación de la VM: 24 horas o más con ventilación espontánea a través de traqueotomía sin ventilación mecánica.
- Destete o separación exitosa: ventilación espontánea a través de traqueotomía sin VM durante 7 días consecutivos o dado de alta con respiración espontánea, lo que ocurra primero⁷.

Luego se clasificó a toda la población en cuatro grupos basándose en la duración del proceso de destete (es decir, desde el primer intento de separación y terminación del destete):

- Grupo "sin destete", que comprende pacientes que nunca experimentaron intento de separación
- Grupo 1 (destete corto): el primer intento resultó en una terminación del proceso de destete dentro de 1 día (separación exitosa o muerte prematura).

- Grupo 2 (destete difícil): el destete se completó después de más de 1 día pero en menos de 1 semana después del primer intento de separación (separación exitosa o muerte).
- Grupo 3 (destete prolongado): el destete no se terminó 7 días después del primer intento de separación (por separación exitosa o muerte).

Este último grupo se dividió aún más en Grupo 3a (destete prolongado que conduce a un destete exitoso después de 7 días o más después del primer intento) y el Grupo 3b (destete prolongado sin éxito)⁷.

Escalas pronósticas en la Unidad de Terapia Intensiva:

Son instrumentos que permiten comparar variables y formar un criterio de diagnóstico, de manejo o como su nombre lo indica de pronóstico; por ejemplo, permite comparar grupos de pacientes y su gravedad, pero además predecir su comportamiento clínico. Estas medidas o los resultados de ellas se utilizan para apoyar la toma de decisiones clínicas, para normalizar la investigación e incluso se pueden utilizar para comparar la calidad de la atención entre diferentes terapias intensivas. Generalmente se traducen a valores numéricos y se asignan a escalas de gravedad a partir de variables clínicas o de laboratorio. Se genera entonces una ecuación matemática cuya solución es la probabilidad de un resultado, por lo general la mortalidad⁵⁸.

Básicamente debe cumplir con 2 características importantes: la primera: deben ser fáciles de usar, y la segunda, deben medir un resultado que impacte.

Estas escalas transforman su valor numérico, mediante una función logit, en probabilidad de mortalidad hospitalaria, agrupando los pacientes en términos de probabilidad de muerte.

Dentro de estas escalas se destacan⁵⁸:

- El sistema de puntuación APACHE II, que fue desarrollado por Knaus y sus colegas en 1985. APACHE II impulsa un puntaje fisiológico agudo (APS), que refleja el estado fisiológico de los pacientes combinado con puntajes de estado de enfermedad crónica (CHI "Índice de salud crónica") y puntaje de edad para desarrollar APACHE II. La puntuación APACHE II se diseñó principalmente para predecir la mortalidad de los pacientes en UCI; se ha encontrado que esta puntuación refleja con precisión el grado de trastorno fisiológico y se correlaciona con el curso clínico posterior y la duración de la estancia en la UCI. El sistema de puntuación APACHE se usa ampliamente en las unidades de cuidados intensivos generales (UCI) para auditoría comparativa, investigación evaluativa y manejo clínico de pacientes individuales. Se ha demostrado que la cantidad de insuficiencia orgánica aguda es un determinante importante del pronóstico en pacientes críticos ingresados en una UCI. Las escalas que utilizan variables de medida (APACHE) requieren de una recolección de datos muy extensa sobre el estado fisiológico de los pacientes y con esos datos son capaces de predecir (una sola toma)⁵⁸.
- SOFA: la evaluación del fallo órgano secuencial; usa mediciones simples para calcular la falla de los principales órganos a lo cual le asigna una puntuación de gravedad. Las puntuaciones se calculan a las 24 horas de ingreso a la UCI y cada 48 horas posteriormente. La media de los puntajes y los puntajes más altos son más predictivos de la mortalidad además de que los resultados que incrementan el delta en un 30% se asocian con mayor predicción (50%) de mortalidad El uso de SOFA fue propuesto inicialmente por el grupo de trabajo de Sepsis de la Sociedad Europea de Medicina Crítica como una escala pronóstica para los pacientes portadores de la misma. Este

instrumento se derivó de una cohorte de 1,449 pacientes ingresados en 40 UCI's de 16 países⁵⁸.

Evaluación de la sedación mediante la escala Richmond Agitation Sedation Scale:

La administración de sedoanalgesia es esencial en el paciente crítico, especialmente en pacientes tratados con ventilación mecánica (VM), y su finalidad es promover la comodidad del paciente, mejorar la tolerancia al tratamiento y a los cuidados de enfermería, y conseguir objetivos terapéuticos (como control de la presión intracraneal, convulsiones o espasmo bronquial). Aunque la profundidad de la sedación depende de las características individuales del paciente, la situación ideal es aquella en la que el paciente puede comunicarse con el equipo asistencial y mantener un ciclo normal de sueño/vigilia⁵⁹.

Monitorizar el nivel de sedación previene la sedación subóptima (infra o sobrededación), y permite ajustar el tratamiento analgésico según las recomendaciones de las guías clínicas. Un control inadecuado del dolor y la ansiedad puede causar agitación y asincronía del paciente con el ventilador, además del riesgo de autorretirada de tubo endotraqueal, catéteres, drenajes, etc. La sobrededación (niveles -5 o -4 de la escala Richmond Agitation Sedation Scale [RASS]), es frecuente aun cuando el paciente no necesita dicho grado de sedación profunda, y se debe básicamente a las creencias del personal sanitario ante el sufrimiento del paciente crítico, el miedo a las consecuencias de la infrasedación y, en ocasiones, a una ratio enfermera/paciente inadecuada, ya que es más fácil monitorizar un paciente sedado que uno despierto y ventilando⁵⁹.

Las guías clínicas recomiendan (grado C) el uso de una escala para conseguir un rango óptimo de sedación. Algunas encuestas en Estados Unidos, Canadá y Dinamarca muestran que solo el 50 % de las UCI usan una escala para valorar el nivel de sedación y analgesia. La implementación de una escala de sedación por sí sola no repercute en el tiempo de VM o la estancia en UCI, pero es el precursor para el uso de un algoritmo para la administración de la sedación o para la interrupción diaria de la sedación, los cuales sí interfieren en esas variables⁵⁹.

La escala de RASS fue desarrollada en 1999 por un equipo multidisciplinar del Hospital Universitario de Richmond, Virginia, y validada en 2002; posteriormente se ha comprobado su validez y fiabilidad en otros estudios. Es útil en pacientes quirúrgicos y no quirúrgicos e incluye la valoración del delirio y la agitación⁶⁰.

Las escalas más útiles y eficaces son aquellas que permiten una mayor concreción del grado de sedación-agitación y para ello incluyen más descriptores y niveles de sedación/agitación, como son MAAS y RASS, siendo estas las escalas recomendadas por la Society of Critical Care Medicine⁶⁰.

ESCALA DE RASS

-5	No despertable	No responde a voz ni estímulos físicos
-4	Sedación profunda	Se mueve o abre los ojos a estimulación física, no a la voz
-3	Sedación moderada	Movimientos de apertura ocular a la voz, no dirige mirada
-2	Sedación ligera	Despierta a la voz, mantiene contacto visual menos de 10 segundos
-1	Somnolencia	No completamente alerta, se mantiene despierto más de 10 segundos
0	Despierto y tranquilo	
1	Inquieto	Ansioso, sin movimientos desordenados, agresivo ni violento
2	Agitado	Se mueve de forma desordenada, lucha con el respirador
3	Muy agitado	Agresivo, se intenta arrancar tubos y catéteres
4	Combativo	Violento, representa un riesgo inmediato para el personal

5. METODOLOGÍA

Esta propuesta está enmarcada en el macroproyecto del Grupo GIESC *”Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali”*, favorecido en la convocatoria interna de la Universidad del Valle (Código 1877), con acta de aprobación del Comité de Ética de la Universidad del Valle 013-018. Bajo este contexto, en la actual propuesta se analizó el cambio de la presión inspiratoria máxima después del entrenamiento y siguió la misma metodología del proyecto CI 1877.

5.1 DISEÑO: Es un estudio descriptivo, retrospectivo, en el cual se realizó análisis de la variación de la presión inspiratoria máxima de los pacientes pertenecientes al macroproyecto CI 1877, y seguido la metodología del mismo.

La población y el tamaño de muestra correspondió a lo definido en el proyecto CI 1877 y se describen a continuación.

5.2 POBLACIÓN: Los pacientes que ingresaron a la Unidad Médico Quirúrgica de Cuidado Intensivos, en una Institución de salud de tercer nivel de la ciudad de Cali, que cumplieron los criterios inclusión del macroproyecto, en el periodo de tiempo de noviembre 2019 a junio del 2020.

MUESTRA:

Para calcular el tamaño de la muestra dentro del Macroproyecto, se tomaron los resultados

obtenidos en el ensayo clínico controlado de Sandoval y cols²; en el cual para el cambio del PIM en el grupo experimental antes y después del entrenamiento, se observó un cambio (Delta) de 9,43 cmH₂O y la desviación para esta diferencia fue de 17,48 cmH₂O. Obteniéndose un tamaño de muestra de 27 pacientes.

Para ésta propuesta, en la cual se analizó la variable Presión inspiratoria máxima, la muestra correspondió a los pacientes que fueron incluidos en el periodo de tiempo de noviembre 2019 a junio del 2020.

5.2.1 Criterios de inclusión.

Se cumplieron los mismos criterios de inclusión y exclusión definidos para el macroproyecto CI 1788 (acta de aprobación UniValle 013-018):

- Pacientes de dieciocho a ochenta años de edad, que manifestaron voluntad de participar en el estudio por medio de la firma del consentimiento informado; cuando su condición clínica se lo permita, o por su familiar o cuidador cuando no le fue posible.
- Requerimiento de ventilación mecánica mayor o igual a 72 horas.
- Pacientes con medición inicial de la fracción de engrosamiento diafragmático realizada durante las primeras 24 horas de ventilación mecánica.
- Pacientes con primer evento de requerimiento de ventilación mecánica
- Pacientes con presión arterial de oxígeno mayor de 60 mm Hg con una fracción inspirada de oxígeno menor o igual a 50%. PEEP menor de 8 cm H₂O.
- Paciente con nivel de sedación entre 0 y -1 evaluado con la escala RASS.
- Estabilidad hemodinámica: Presión arterial media mayor de 60 mm Hg en ausencia de soporte vasopresor o con requerimiento mínimo: dobutamina o dopamina menor de 5

mcg/kg/min o epinefrina menor de 1 mcg/kg/min.

5.2.2 Criterios de exclusión

- Pacientes con enfermedad neuromuscular progresiva
- Paciente con lesión del sistema nervioso central
- Paciente con Lesión medular por encima de T5
- Enfermedad o alteración músculo esquelética de la caja torácica o de la columna vertebral
- Paciente con lesión del diafragma.
- Paciente con los siguientes antecedentes: enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad oncológica, obesidad mórbida y desnutrición.
- Pacientes que reciban terapia de esteroides de manera crónica
- Pacientes en los que se presenten dificultades para obtener una adecuada ventana ecográfica determinada por el clínico.
- Pacientes que hayan recibido soporte ventilatorio domiciliario previo a la hospitalización.
- Pacientes con Traqueostomía antiguas o intubación naso traqueal
- Mujeres en estado de gestación.
- Pacientes infectados.
- Pacientes con intubación nasotraqueal
- Pacientes que no cumplan con los 7 días de entrenamiento muscular inspiratorio.
- Pacientes que en el transcurso del entrenamiento muscular inspiratorio desista de continuar participando.

5.3 VARIABLES DEL ESTUDIO

Objetivo específico	Variable	Definición operacional	Método de recolección	Valores posibles	Nivel de medición
Describir las características sociodemográficas y clínicas de la población a estudio.	Edad	Tiempo transcurrido en años a partir del nacimiento de un individuo.	Historia clínica	18,19,20 ...70 años	Cuantitativa – razón
	Sexo	Características biológicas diferenciadas de un individuo que lo asigna como hombre o mujer.	Historia clínica	Hombre Mujer	Cualitativa – Nominal
	Tipo de Diagnóstico o	Determinación del motivo general de ingreso del	Historia clínica	Médico o Quirúrgico	Cualitativa - Nominal

		paciente a UCI			
	Clasificación diagnóstica	Determinación del estado patológico de acuerdo al sistema corporal principal comprometido	Historia clínica	Cardiovascular, Respiratorio, Neurológico, Gastrointestinal, Ortopédico y Metabólico/Infeccioso	Cualitativa - Nominal
	APACHE II	Clasificación de la severidad de las enfermedades, en UCI en las primeras 24	Historia clínica	Valor entero de 0 a 67.	Cuantitativa - Razón

		horas			
	SOFA	Evaluación secuencial de la falla orgánica, para determinar paciente con sepsis.	Historia clínica	1,2,3,4...24	Cuantitativa - Razón
	Escala RASS	Evaluación de la agitación o sedación de los pacientes en cuidado crítico. + 4 a -5 Puntuación de cero (0) se refiere a alerta. El nivel menor que cero significa que el paciente tiene	Historia clínica	RASS 0 a -4 o 0 a +5.	Cuantitativa- intervalo

		un cierto grado de sedación. Los niveles mayores que cero significan que el paciente tiene algún grado de agitación.			
Medicamentos Previo ingreso al EMI	Fármacos suministrados durante la estancia en UCI	Historia clínica	Sedantes Analgésicos Relajantes Esteroides	Cualitativa- Nominal	
Tiempo en VM previo al EMI	Total de horas transcurridas en ventilación mecánica en los diferentes modos ventilatorios	Formato de recolección de datos	Horas en cada uno de los Modos ventilatorios: Controlados Asistidos Espontáneo	Cuantitativa – Razón	

				s	
	Tiempo en VM durante el EMI	Total de horas transcurridas en ventilación mecánica en los diferentes modos ventilatorios	Formato de recolección de datos	Horas en cada uno de los Modos ventilatorios : Controlados Asistidos Espontáneos	Cuantitativa – Razón
	Destete fallido Previo ingreso al EMI	Reintubación antes de cumplir el destete exitoso, es decir Reintubación durante los siete días posteriores a la extubación antes de iniciar el EMI.	Formato de cada paciente	Si/No	Cualitativa- Nominal

	Signos vitales	Cambios en los signos vitales relacionados con el ejercicio.	Formato de recolección de datos	Durante las sesiones de EMI (Entrenamiento muscular inspiratorio) FC (Frecuencia Cardíaca) FR (Frecuencia Respiratoria) SaO ₂ (Saturación Arterial de Oxígeno) TA (Tensión Arterial)	Cuantitativa – razón
	Terapia física durante el	Intervención de terapia Física	Historia Clínica	SI o No	Cualitativa - nominal

	EMI				
	Movilización temprana durante el EMI	Reciben movilización temprana.	Historia clínica	Si o No	Cualitativa - nominal
	Tiempo de destete de la ventilación mecánica	- Tiempo que transcurre la prueba de respiración espontánea hasta la separación exitosa de la ventilación mecánica que corresponde a 7 días después de la extubación o alta de la clínica.	Historia clínica	Horas	Cuantitativa - razón

	Resultado del destete después del EMI.	Clasificación del destete de acuerdo al tiempo de ventilación después de la primera prueba de respiración espontánea	Formato de recolección de datos	Sin Destete, Destete Simple, Destete Difícil, Destete Prolongado	Cualitativa nominal
	Requerimiento de ventilación mecánica no invasiva post extubación	Requerimiento de ventilación no invasiva post extubación	Historia clínica	Si/No	Cualitativa nominal
	Sesiones de EMI	Total de sesiones de entrenamiento muscular realizadas	Formato de recolección de datos	1,2,3,4,5,6 ...14	Cuantitativa – razón

		durante 7 días.			
Describir los cambios en la presión inspiratoria a Máxima en la población a estudio	Presión inspiratoria máxima (PIM)	Medición Fuerza global muscular inspiratoria en cmH2O de la durante el primer y séptimo día	Manovacuo metro.	-20,-25,-30, cmH2O, etc	Cuantitativa – intervalo

5.4 PROCEDIMIENTOS:

La investigación se llevó a cabo en cuatro fases: planificación, experimentación, procesamiento, análisis de datos y elaboración de artículo de investigación.

Equipo de investigación y capacitación del personal de campo.

Las autoras de esta propuesta realizamos la solicitud al Grupo GIESC para vincularnos al proyecto con CI 1877 y realizar el trabajo de investigación, requisito de las asignaturas Epidemiología I y II en la Especialización en Fisioterapia Cardiopulmonar, y en consenso fue establecido evaluar el cambio de la PIMax.

En el desarrollo del proyecto CI1877, el trabajo de campo fue realizado por cuatro fisioterapeutas especialistas en el área cardiopulmonar con más de 5 años de experiencia en cuidado intensivo, para los cuales fue organizado por los investigadores, un entrenamiento con el objetivo de estandarizar la técnica de medición de la PIMax y del protocolo del entrenamiento muscular inspiratorio. El entrenamiento tuvo una duración de 8 horas y fue realizado en las instalaciones de Universidad del Valle San Fernando y HUV.

Reclutamiento:

A continuación se describe el reclutamiento propuesto en el macroproyecto:

En el curso del macro proyecto, diariamente la investigadora principal reviso los censos e historia clínica y tuvo comunicación continua con el equipo de fisioterapia seleccionado con el fin de identificar a los pacientes en ventilación mecánica invasiva, o pacientes con intubaciones recientes en las primeras 24 horas que requirieron VM los cuales fueron posibles participantes del estudio.

Una vez el paciente cumplió con los criterios de inclusión, la investigadora principal tuvo que realizar la lectura y posterior firma del consentimiento informado, documento que se comparte con las investigadoras de esta propuesta, antes de dar inicio al protocolo de entrenamiento muscular inspiratorio.

El consentimiento fue consignado por escrito con copia al participante, leído y explicado en su totalidad al paciente junto a un testigo o familiar y se verificó la comprensión del mismo con

preguntas relacionadas con la información suministrada; así mismo se dio respuesta a las dudas que el participante libremente generaba.

El consentimiento informado (anexo 1) contiene el título de la investigación, el número de participantes (27 pacientes), el propósito, los procedimientos, el tiempo de su participación, los riesgos y beneficios; la libertad voluntaria de hacer parte del estudio o de negarse en cualquier momento a culminar su participación en el estudio, la firma del participante y de dos testigos con fecha que indica la aceptación de utilizar la información para estudios posteriores, la firma del consentimiento informado para hacer parte de la investigación y la firma de los investigadores con la responsabilidad para que sea respetado tal manuscrito.

Teniendo en cuenta que esta propuesta analiza una variable del proyecto CI1877 en curso, se utilizó el mismo consentimiento informado.

Contactos institucionales y presentación en terreno del proyecto:

En el desarrollo del macroproyecto, los investigadores realizaron una alianza con el personal médico especialista de la unidad de cuidado intensivo.

El proyecto CI1877, obtuvo el aval de Comité de Ética Humana de la Universidad del Valle (acta de aprobación 013-018), y de Hospital Universitario del Valle (acta de aprobación HUV 018-2019). Posteriormente el grupo investigador realizó la presentación ante las directivas de la unidad de cuidado intensivo adulto de la institución.

Para la realización del análisis de la variable PIMax del presente proyecto, se obtuvo aval del

Comité de Ética de la Universidad del Valle Acta N°(005-020).

Formato de recolección de datos

Fue establecido en el macro proyecto, un formato enumerado según el orden de inclusión para cada paciente con fines pertinentes al registro de datos necesarios para la investigación (anexo 2); previa autorización de la institución de salud se procedió a la recolección de datos que se encontraban en la historia clínica. Para la debida confidencialidad y orden de la información, dichos formatos fueron codificados de acuerdo a letra inicial del primer nombre, letra inicial del primer apellido y los dos últimos números de la identificación del participante, la asignación del código fue conocida solo por el investigador principal quien evaluó diariamente el debido registro de los datos para evitar sesgos de información.

La información que se registró en el formato corresponde a los datos sociodemográficos y variables clínicas y de resultados descritas anteriormente.

Para efecto de la presente investigación (análisis de la variable PIMax) corresponden a:

Variables Independientes:

- Protocolo de Entrenamiento muscular respiratorio.
- Relacionadas con las características sociodemográficas: edad, sexo.

Variables que corresponden con los factores fisiológicos:

Se incluyeron las características clínicas de los pacientes, y las variables de resultado.

Variables Clínicas

- Previas al ingreso al protocolo de Entrenamiento muscular inspiratorio (EMI): Diagnóstico de ingreso, clasificación diagnóstica de acuerdo al sistema principal comprometido, uso de medicamentos sedantes, analgésico bloqueadores neuromusculares, esteroides, tiempo de relajación, tiempo de sedación, y tiempo de la ventilación mecánica, tiempo en VM (horas en las modalidades ventilatorias controladas, asistidas y espontáneas previo al entrenamiento muscular diafragmático), destete fallido previas al ingreso EMI (reintubaciones).
- Durante el protocolo de EMI: Signos vitales, requerimiento y tiempo en horas de la ventilación mecánica no invasiva post extubación,
- Al finalizar el protocolo: tiempo de destete de la ventilación mecánica, resultado del destete ventilatorio (clasificación del destete según WIND), sesiones de EMI al finalizar el protocolo de EMI.

Variables de resultado:

- Presión inspiratoria máxima (PIMax)

Se adjunta como Anexo 2 los formatos de recolección de datos establecidos para la realización del macroproyecto; para la presente investigación se tuvieron en cuenta los datos registrados correspondientes a las variables sociodemográficas, clínicas, PIMax y EMI.

Reclutamiento y obtención de datos.

Una vez el paciente cumplió criterios de inclusión y exclusión fue reclutado para el estudio y se iniciaron las respectivas mediciones y entrenamiento muscular inspiratorio de acuerdo a

los protocolos establecidos.

Momentos de realización de las mediciones incluidos en el macroproyecto.

Tiempo de medición	Definición	Variable a medir	Profesional Responsable	DONDE
Primer momento	Dentro de las primeras 24 horas de inicio de la ventilación Mecánica	- Fracción de engrosamiento diafragmático	Anestesiólogo	UCI
Segundo momento	Primer día de entrenamiento muscular inspiratorio	- Presión inspiratoria máxima - Fracción de engrosamiento diafragmático. - Excursión diafragmática.	Anestesiólogo y Fisioterapeuta	UCI
Tercer momento	Tercer día de entrenamiento muscular inspiratorio	- Presión inspiratoria máxima - Fracción de engrosamiento	Anestesiólogo y Fisioterapeuta	UCI

		diafragmático. - Excursión diafragmática		
Cuarto momento	Séptimo día de entrenamiento muscular inspiratorio	- Presión inspiratoria máxima - Fracción de engrosamiento diafragmático. - Excursión diafragmática	Anestesiólogo y Fisioterapeuta	UCI y/u hospitalización

Para efecto de esta propuesta de investigación solo se tuvo en cuenta la medición de la Presión Inspiratoria máxima y el entrenamiento muscular inspiratorio, (segundo, tercer y cuarto momento), los cuales se describen a continuación:

PROTOCOLO DE MEDICIÓN

Medición de la presión inspiratoria máxima (PIM).

Los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, quienes participaron en el protocolo de entrenamiento muscular inspiratorio, se les realizó por parte del grupo investigador principal la primera medición de la excursión diafragmática a las 72 horas de ventilación mecánica, una segunda medición al tercer día de EMI y al séptimo día de EMI.

La Presión inspiratoria máxima (PIMax), la cual es la máxima presión que puede hacer el paciente por medio de una boquilla ocluida, después de realizar una inhalación completa, determina de manera global la fuerza de los músculos inspiratorios. El equipo que se utilizó en este estudio es un manovacuómetro digital: Carefusión, que presenta una válvula unidireccional, y permite el registro de presiones en la boca en centímetros de agua (cmH₂O) y adaptación al tubo oro-traqueal; este ha sido utilizado por diversos autores como Neder, Cader^{28, 53} y Sandoval L y col² el equipo es debidamente calibrado como un transductor de presión bajo una línea base igual a la presión atmosférica. Las recomendaciones para el uso de este instrumento fueron adoptadas de la Sociedad Torácica Americana y la Sociedad Respiratoria Europea⁹. Para dar inicio al entrenamiento muscular inspiratorio se realizó la medición de presión inspiratoria máxima; Una primera medición es a las 72 horas de ventilación mecánica, una segunda medición al tercer día de Entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) y séptimo día de EMI. Las mediciones tuvieron una duración aproximada de la aplicación de la técnica de 10 minutos.

Para las estrategias de control de calidad de la recolección de los datos, se asignó un fisioterapeuta para las mediciones de presión inspiratoria máxima, y se llevó a cabo en la unidad de cuidados intensivos médico quirúrgica de un servicio de salud nivel 3 de la ciudad de Cali, dentro del cubículo en el cual se encontraba hospitalizado el paciente.

Descripción de la técnica de medición de presión inspiratoria máxima:

Condición del participante: con vía aérea artificial

- Los pacientes se posicionaron en sedente en cama con elevación de la cabecera a 45°;

previamente se realizó fisioterapia de tórax por parte de los fisioterapeutas de la institución (para garantizar la vía aérea permeable).

- El evaluador desconectó al paciente del ventilador por un mínimo de 20s⁵⁴ y ubicó correctamente la nariguera, el manovacuómetro fue conectado al tubo endotraqueal con un adaptador de tubo orotraqueal.

- Inicialmente se indicó el procedimiento *“voy a medir la fuerza de los músculos respiratorios, para ello usted va a respirar tranquilamente”*. Luego se mostró cómo debía botar el aire hasta capacidad residual funcional y luego se le indicó que inspire tan fuerte y rápido como le sea posible, generando un único esfuerzo inspiratorio.

- El comando estandarizado fue el siguiente *“empecemos, bote el aire que contiene en sus pulmones y ahora tómelo lo más rápido y profundo que pueda, sosténgalo 1, 2, 3, 4, 5, descansa. Se finalizará cada medición con los siguientes comandos: “estuvo muy bien, descansa 2 minutos, para repetir el mismo ejercicio 2 veces más”*. Durante el periodo de reposo el paciente estuvo conectado a la ventilación mecánica, se retiró la nariguera y se educó para la realización de la segunda y tercera medición *“Va a realizar la misma maniobra tal y como lo realizó hace un rato”*.

- Se tomó el mayor puntaje entre las tres mediciones que variaron en menos del 20%; se permitió un periodo de descanso mínimo de 2 minutos entre las mediciones; para que estas sean consideradas técnicamente aceptables, no podía haber fuga de aire audible alrededor de la conexión detectado por el investigador o informado por el sujeto, y la presión se mantuvo durante al menos 5 segundos. Los pacientes fueron animados durante las mediciones para lograr los más altos valores posibles. Para la estimación del tiempo se contó con un cronómetro.

Condición del participante: sin vía aérea artificial

- Los pacientes se posicionaron en sedente en cama con elevación de la cabecera a 45°; previamente se realizó fisioterapia de tórax por parte de los fisioterapeutas de la institución (para garantizar la vía aérea permeable).
- El evaluador desconectó al paciente del ventilador por un mínimo de 20s⁵⁴ y ubicó correctamente la nariguera, el manovacúmetro fue conectado a una boquilla que fue posicionada entre los labios del paciente.
- Inicialmente se indicó el procedimiento *“voy a medir la fuerza de los músculos respiratorios, para ello usted va a respirar tranquilamente”*. Luego se mostró cómo deberá botar el aire hasta capacidad residual funcional y luego se le indicó que inspire tan fuerte y rápido como le fuera posible, generando un único esfuerzo inspiratorio.
- El comando estandarizado fue el *siguiente “empecemos, bote el aire que contiene en sus pulmones y ahora tómelo lo más rápido y profundo que pueda, sosténgalo 1, 2, 3, 4, 5, descansa. Se finalizará cada medición con los siguientes comandos: “estuvo muy bien, descansa 2 minutos, para repetir el mismo ejercicio 2 veces más”*. Durante el periodo de entrenamiento y de reposo al paciente se le proporcionó oxígeno con el flujo que requiriera para saturación arterial de oxígeno mayor a 90%, se retiró la nariguera y se educó para la realización de la segunda y tercera medición *“Va a realizar la misma maniobra tal y como lo realizó hace un rato”*.
- Se tomó el mayor puntaje entre las tres mediciones que variaron en menos del 20%; se permitió un periodo de descanso mínimo de 2 minutos entre las mediciones; para que estas se consideraran técnicamente aceptables, no podía haber fuga de aire audible alrededor de la conexión detectado por el investigador o informado por el sujeto, y la presión se mantuvo durante al menos 5 segundos. Los pacientes fueron animados durante las mediciones para

lograr los más altos valores posibles. Para la estimación del tiempo se contó con un cronómetro.

Consideraciones para la medición de la presión inspiratoria máxima

- La técnica de medición de presión inspiratoria máxima se realizó de acuerdo al protocolo establecido la cual es estándar tanto en el participante bajo la condición de vía aérea artificial o sin requerimiento de vía aérea artificial.

Entrenamiento muscular inspiratorio

El entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) es una herramienta no invasiva cuyo objetivo es el aumento de la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios; para lo cual se requiere de un ajuste progresivo de una carga resistiva a los músculos inspiratorios; Los instrumentos de entrenamiento muscular actuales proporcionan una resistencia incremental ajustable a través de una válvula de umbral de resorte; para vencer el umbral requiere que se alcance un nivel de presión específico con cada respiración, independientemente de la velocidad de flujo, lo que permite que la intensidad de la resistencia se ajuste y progrese con precisión⁹

El dispositivo que se empleó para el proyecto de investigación es el Threshold IMT; Respirationics Inc; Murrysville, PA, EE. UU el cual cumple con los estándares y ha sido utilizado ampliamente en diferentes estudios de entrenamiento muscular inspiratorio³, incluyendo uno realizado en nuestra localidad². Los instrumentos de entrenamiento muscular actuales tienen generalmente una válvula de umbral de resorte disponible comercialmente que se puede ajustar fácilmente para proporcionar resistencia incremental; para vencer el umbral requiere que se alcance un nivel de presión específico con cada respiración, independientemente de

la velocidad de flujo, lo que permite que la intensidad de la resistencia se ajuste y progrese con precisión⁹

Una vez el paciente cumplía con los criterios definidos y firmaba el consentimiento informado fue incluido en el estudio, se daba inicio al entrenamiento cuando el paciente cumplía las 72 horas de ventilación mecánica posterior a la medición de presión inspiratoria máxima; el entrenamiento muscular inspiratorio con threshold se llevó a cabo durante siete días y fue realizado por las fisioterapeutas, con dedicación exclusiva encargadas específicamente para el desarrollo del macroproyecto, quienes conocían el protocolo de entrenamiento previo al proceso de recolección.

La sesión de entrenamiento duró 20 minutos y se desarrolló en la unidad de cuidados intensivos médico quirúrgica de un servicio de salud nivel 3 de la ciudad de Cali, dentro del cubículo en el cual se encontraba hospitalizado.

Instrumentos:

- Escala de disnea de Borg modificada
- Threshold
- Boquillas
- Conectores simples para vía aérea artificial.

Descripción de la técnica de entrenamiento muscular inspiratorio Prescripción del ejercicio:

- Tipo: entrenamiento muscular inspiratorio realizado con Threshold IMT (entrenador

muscular respiratorio: Threshold IMT; Respiroics Inc; Murrysville, PA, EE.UU)

- Frecuencia: 2 veces al día (En la mañana y en la tarde) durante 7 días.
- Intensidad: La carga inicial de entrenamiento será ajustada considerando el 50% de la presión inspiratoria máxima (PIM), 3 series de 10 repeticiones cada una, con 2 minutos de descanso entre cada serie.
- Duración: 15 a 20 minutos para cada entrenamiento muscular inspiratorio.

Preparación del Paciente:

Condición del paciente con y sin vía aérea artificial.

1. Registro de los datos considerados en Instrumento de recolección de datos (Signos vitales, Parámetros Ventilatorios, Nivel de Sedación, Medicamentos)
2. Verificación la permeabilidad de la vía aérea: Auscultar al paciente y verificar la ausencia de ruidos agregados que sugieren obstrucción de la vía aérea con secreciones
3. Si el paciente requiere higiene bronquial el fisioterapeuta procede a realizarla y debe esperar 10 minutos para iniciar la intervención y continuar con los siguientes pasos.
4. Posicionar al paciente sentado en cama a 45 grados
5. Instruir y explicar al paciente la intervención a realizar a través de los siguientes comandos:
“Le voy a realizar ejercicios para mejorar la fuerza de sus músculos respiratorios, para ello lo voy a desconectar del Ventilador mecánico y usted va a respirar a través de este dispositivo hasta que escuche el click que hace el dispositivo, va a realizar 10 respiraciones de seguido, posteriormente va a descansar durante 2 minutos y vamos a repetir el procedimiento 2 veces más”.
6. Ajustar el Dispositivo Threshold al 50% de la Pimáx que se le ha medido al paciente. Este valor de carga ha sido usado por varios autores^{9,55}

Realización de la primera serie de ejercicio:**Condición del paciente: con vía aérea artificial**

1. Desconectar el paciente del ventilador mecánico
2. El dispositivo es colocado al tubo orotraqueal a través de un adaptador de tubo orotraqueal o manguera corrugada que serán de uso personal
3. Instruir al paciente en el inicio del ejercicio a través de los siguientes comandos: *“Listo don XX va a respirar a través del dispositivo hasta que escuche el clic”*,
4. El paciente debe realizar 10 respiraciones. Animar al paciente al final cada repetición con los siguientes comandos: *“Muy bien don XX lo está haciendo bien, continúe con la siguiente; tome aire profundo a través del dispositivo nuevamente”*

Condición del paciente sin vía aérea artificial:

1. Se adapta la boquilla al manovacuometro y se posiciona a través de un adaptador de tubo orotraqueal o manguera corrugada que serán de uso personal
2. Instruir al paciente en el inicio del ejercicio a través de los siguientes comandos: *“Listo don XX va a respirar a través del dispositivo hasta que escuche el clic”*,
3. El paciente debe realizar 10 respiraciones. Animar al paciente al final de cada repetición con los siguientes comandos: *“Muy bien don XX lo está haciendo bien, continúe con la siguiente; tome aire profundo a través del dispositivo nuevamente”*

Periodo de reposo:**Condición del paciente: con vía aérea artificial**

1. Finalizar cada serie de ejercicios con los siguientes comandos: “Muy bien hecho, ahora va

- a descansar 2 minutos”, se debe Conectar nuevamente al paciente al ventilador mecánico.
2. Evaluar el grado de disnea con la escala de Borg modificada después de cada serie: “Don XXX esta es una escala para el evaluar su grado de ahogo, 10 es el máximo ahogo y 0 es nada de ahogo, señáleme con su dedo que tan ahogado se siente”
 3. Registro de los signos vitales y de la Escala de Borg modificado en el Instrumento al finalizar cada serie.

Condición del paciente: sin vía aérea artificial

1. Finalizar cada serie de ejercicios con los siguientes comandos: *“Muy bien hecho, ahora va a descansar 2 minutos”*. Si requiere soporte de oxígeno debe ser ajustado el flujo para saturación arterial de oxígeno mayor 90
2. Evaluar el grado de disnea con la escala de Borg modificada después de cada serie: *“Don XXX esta es una escala para el evaluar su grado de ahogo, 10 es el máximo ahogo y 0 es nada de ahogo, señáleme con su dedo que tan ahogado se siente”*
3. Registro de los signos vitales y de la Escala de Borg modificado en el Instrumento al finalizar cada serie. Segunda y tercera serie de entrenamiento: Para la realización de la Segunda y tercera serie de ejercicios: Instruir nuevamente al paciente con los siguientes comandos: *“Va a respirar nuevamente a través del dispositivo, tal y como le realizó hace un rato”*. Repetir nuevamente los pasos anteriores.

Consideraciones para el entrenamiento muscular inspiratorio

La técnica entrenamiento muscular inspiratoria fue realizada de acuerdo al protocolo establecido la cual es estándar tanto para el participante bajo la condición de vía aérea artificial o sin requerimiento de vía aérea artificial.

Riesgos de la aplicación del protocolo de entrenamiento muscular inspiratorio

La sesión de medición o de entrenamiento muscular inspiratorio fue interrumpida cuando el clínico que interviene observa alguna de estos signos:

- Frecuencia respiratoria: mayor de 35 respiraciones / min o 50% más alto que al inicio de la sesión.
- Oxihemoglobina saturación inferior al 90%.
- Presión sistólica mayor que 180 mmHg o menos de 80 mmHg.
- Frecuencia cardíaca más de 140 latidos / min. o un 20% más alto que al inicio de la sesión.
- Respiración paradójica; agitación; depresión; hemoptisis; arritmia o sudoración
- Solicitud directa del paciente de no realizar la intervención o mediciones.

Control de calidad de los procedimientos

Aunque el EMI y procedimientos descritos anteriormente son no invasivos; es importante el control de cualquier eventualidad que pudiera ocurrir durante los mismos que atentara contra la seguridad del paciente o permitir sesgos de información; para esta investigación se tuvieron en cuenta criterios clínicos: signos vitales y escala de Borg, que han sido utilizados en los protocolos de anteriores estudios^{2, 28, 56}; estos parámetros serán registrados por el clínico que interviene en el formato creado para el paciente antes durante y después de cada procedimiento.

Adicionalmente se consideró:

- Las personas que realizaron el entrenamiento muscular se encontraban certificados en

soporte vital básico y avanzado y con la experiencia y calificación mayor a 5 años en el manejo de pacientes en UCI.

- El lugar contaba con elementos de rápida disponibilidad como son oxígeno, medicamentos -
- Se contaba con el apoyo médico en caso de ser necesario

5.5 ANÁLISIS DE DATOS

Para asegurar la calidad de los datos se realizó una base de datos con entrada de datos validada que contenga sus filtros y rangos que impedían que los valores inconsistentes sean grabados. La base de datos almacenó los datos que contiene el formato de recolección de datos reflejando toda la información aportada por los investigadores para su posterior análisis estadístico; se realizó una tabla de frecuencia que permitió ver anomalías en la introducción de los datos de los criterios de inclusión de un estudio. Se utilizó el software de estadísticas SPSS para la ejecución de las pruebas estadísticas.

El nivel de significación estadística que se estableció para todas las pruebas estadísticas realizadas con las variables de resultados será de $p < 0,05$.

El análisis de las variables sociodemográficas se realizó según la escala de medición de cada variable, por medio de medidas de tendencia central, medidas de dispersión, tablas de frecuencia e intervalos de confianza al 95 %.

Se determinó la medida de las variables cuantitativas como la presión inspiratoria máxima en los diferentes momentos de evaluación (al inicio, al tercer y al séptimo día de entrenamiento

muscular inspiratorio) que serán expresadas como media \pm DE, y comparadas usando una prueba de t de Student no pareada.

6. ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo a la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Protección Social⁵⁷, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, según el artículo 11 el estudio fue clasificado como una investigación con riesgo mínimo, al tratarse del análisis de una variable: PIMax, a partir de los registros obtenidos de los pacientes reclutados, medidos y entrenados dentro del macroproyecto ya nombrado.

Se solicitó Aval al Comité de Ética Humana de la Universidad del Valle para la realización de la presente propuesta de investigación (análisis de la variable PIMax), dado por el Acta N°(005-020).

La información obtenida fue custodiada en una base de datos que se guardó en un computador exclusivamente destinado para el desarrollo del macroproyecto CI 1877, la cual quedó a cargo del grupo GIESC, con lo cual se garantizó la seguridad de la información obtenida y se espera guardar esta información por al menos 10 años. La base de datos fue almacenada en un archivo con copia de seguridad y claves para acceder a ellas.

7. RESULTADOS ESPERADOS

- Relacionados con la generación de conocimiento y/o nuevos desarrollos tecnológicos.

Los resultados de esta investigación podrían ser apropiados por los equipos de profesionales e instituciones, que trabajen en el área favoreciendo el razonamiento clínico pertinente y oportuno que guíe la intervención terapéutica.

- Conducentes al fortalecimiento de la capacidad científica nacional

Este proyecto integró investigadores del Departamento de Anestesia y Residentes de Anestesia de Univalle, interesados en afianzar la investigación formativa a través de la investigación, lo que permite desarrollar la capacidad investigativa de los miembros de la comunidad científica de diferentes programas de la universidad, así como trabajar para el fortalecimiento de las líneas de investigación del grupo y de la identificación de temáticas comunes.

La investigación permitió visualizar un panorama enriquecedor de las posibilidades generadoras de desarrollos investigativos a nivel de conocimiento disciplinar.

- Dirigidos a la apropiación social del conocimiento.

Los principales beneficiarios con los resultados de este proyecto fueron todos los profesionales de salud que trabajan con pacientes críticos, y a su vez la población de usuarios atendidos por estos.

9. PRESUPUESTO

FICHA DE PRESUPUESTO

PRESUPUESTO GLOBAL			
RUBROS	ENTIDADES		GRAN TOTAL
	UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS	
Personal	\$ 6.790.848		\$ 6.790.848
Materiales		\$ 290.000	\$ 290.000
Salidas de campo		\$ 2.047.200	\$ 2.047.200
Bibliografía	\$ 5.000.000		\$ 5.000.000
Equipos		\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Otros		\$ 500.000	\$ 500.000
TOTAL	\$ 11.790.848	\$ 7.337.200	\$ 19.128.048

DETALLE DE PAPELERIA Y OTROS INSUMOS

DESCRIPCION DE LOS GASTOS DE PERSONAL						
Nombre	Formación académica	Función en el proyecto	Horas semanales dedicadas al proyecto	ENTIDADES		TOTAL
				UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS	
Johana Pazmiño	Fisioterapeuta	Investigadora principal	8	\$ 1.481.408		\$ 1.481.408
Diana Suaza	Fisioterapeuta	Investigadora principal	8	\$ 1.481.408		\$ 1.481.408
Esther Wilches	Fisioterapeuta Esp. En Fisioterapia Cardiopulmonar. Doctorado en Rehabilitación y Desempeño Funcional.	Directora del proyecto de investigación	2	\$ 1.914.016		

Marcela Arias	Fisioterapeuta Esp. En Fisioterapia Cardiopulmonar. Estudiante de Maestría de Ciencias Biomédicas	Asesor Metodológico		\$ 1.914.016		
TOTAL, GASTOS DE PERSONAL						\$ 6.790.848
Descripción del artículo	Justificación	ENTIDADES		TOTAL		
		UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS			
Resmas de papel	Impresión documentos para comité de profesores, comité de ética, evaluadores e informe final.		\$ 60.000	\$ 60.000		
Artículos de oficina			\$ 50.000	\$ 50.000		
Impresiones			\$ 100.000	\$ 100.000		

Fotocopias			\$ 80.000	\$ 80.000
TOTAL, PAPELERIA Y OTROS INSUMOS			\$ 290.000	\$ 290.000

SALIDAS DE CAMPO			
SALIDAS DE CAMPO	ENTIDADES		
	UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS	TOTAL
Transporte		\$ 1.047.200	\$ 1.047.200
Alimentación		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
TOTAL, SALIDA DE CAMPO			\$ 2.047.200

DETALLE DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO					
	Número		Justificación	ENTIDADES	TOTAL

Descripción del material		Costo unitario		UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS	
Bases de datos de revistas indexadas	1	5000000	Consulta de bibliografía para la construcción del planteamiento del problema, marco teórico, estado de arte, metodología y discusión	5.000.000		5.000.000
TOTAL MATERIAL BIBLIOGRÁFICO						5.000.000

VALORACION DE LOS EQUIPOS Y SOFTWARE

Descripción del equipo y software	Número	Justificación	ENTIDADES		TOTAL
			UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS	

Computador de uso propio	2	Uso para la escritura del proyecto de investigación y análisis estadístico		\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
TOTAL, EQUIPOS				\$ 4.500.000	\$ 4.500.000

OTROS GASTOS			
OTROS GASTOS	ENTIDADES		
	UNIVALLE	RECURSOS PROPIOS	TOTAL
Profesional Estadístico		\$ 500.000	\$ 500.000
TOTAL, OTROS GASTOS	\$ 300.000	\$ 500.000	\$ 500.000

Nota: Esta propuesta de investigación está inmersa dentro del presupuesto del

macroproyecto, el cual se ha visto beneficiado de la convocatoria interna número 1877 de Universidad del Valle.

10. RESULTADOS

Las investigadoras de la presente propuesta de investigación nos vinculamos al macroproyecto para analizar una de las variables: PIMax.

Inicialmente se trataba de un proyecto con tipo de estudio descriptivo prospectivo, ya que este proyecto estaba en curso desde noviembre de 2019 pero debido a la pandemia fue necesario hacer cambios en el tipo de estudio, por lo cual se presentan los resultados de una serie de casos de los pacientes que fueron recolectados en el periodo comprendido entre noviembre de 2019 y febrero de 2020.

Tabla 1. Características Sociodemográficas y Clínicas						
Paciente	Edad (años)	Sexo	Diagnóstico Primario	Sistema Comprometido	SOFA	APACHE II
1	64	F	IRA, shock séptico de origen pulmonar, HVDA	Respiratorio	16	13
2	51	F	Síndrome neuroléptico maligno e IRA	Neurológico	3	12
3	21	F	Cetoacidosis diabética, IRA tipo 1, otitis media izquierda	Respiratorio	14	28
4	26	M	Herida por arma cortopunzante toracoabdominal, IRA hipoxémica	Respiratorio	16	13
5	77	F	Falla ventilatoria, neumonía nosocomial, CA en estudio	Respiratorio	9	32

IRA: insuficiencia respiratoria aguda; HVDA: hemorragia de vías digestivas altas; SOFA; Sequential Organ Failure Assessment ; APACHE II: Acute Physiology And Chronic Health Evaluation; CA: Cáncer

En la tabla 1 se muestran las características sociodemográficas y clínicas de los 5 pacientes que se incluyeron en esta serie de casos, donde se evidencia que el 75% de los pacientes eran del sexo femenino, la mínima edad fue de 21 años y la máxima de 77 años, el sistema respiratorio fue el más comprometido, el valor mínimo de SOFA fue de 9 y el máximo de 16 puntos, el valor mínimo de APACHEII fue de 12 y el máximo de 32

puntos.

A estos 5 pacientes se realiza la clasificación de su destete ventilatorio al final de EMI de acuerdo al estudio WIND, el cual se divide en 4 grupos⁷:

- Grupo 0 "sin destete": pacientes que nunca experimentaron intento de separación
- Grupo 1 (destete corto): primer intento resultó en una terminación del proceso de destete dentro de 1 día (separación exitosa o muerte prematura).
- Grupo 2 (destete difícil): el destete se completó después de más de 1 día pero en menos de 1 semana después del primer intento de separación (separación exitosa o muerte).
- Grupo 3 (destete prolongado): el destete no se terminó 7 días después del primer intento de separación (por separación exitosa o muerte), el cual a su vez se divide en:
 - Grupo 3a (destete prolongado que conduce a un destete exitoso después de 7 días o más después del primer intento)
 - Grupo 3b (destete prolongado sin éxito) .

Tabla 2							
Paciente	Tiempo de Inicio de EMI (Días de VM)	Condición al final de EMI	Destete según WIND (al final de EMI)	P _{lmax} inicial vs Final (cmH ₂ O)		P _{lmax} Predicho (cmH ₂ O)	Estancia UCI (días)
1	<u>6</u>	Extubado 2 día EMI	Destete corto (Grupo 1)	<u>17</u>	26	69	<u>11</u>
2	<u>18</u>	Intubado Extubación Fallida 2 día EMI	Destete prolongado (Grupo 3B)	<u>70</u>	<u>61</u>	77	29
3	10	Extubado 1 día EMI	Destete corto (Grupo 1)	34	40	95	12
4	13	Intubado	Sin destete (Grupo 0)	<u>17</u>	<u>19</u>	109	27
5	11	Intubado Extubación Fallida 1 día EMI TQT con VM	Destete prolongado (Grupo 3B)	32	31	61	<u>30</u>

En la Tabla 2 se consignan el tiempo de inicio de EMI, así como la condición del paciente al finalizar el mismo, destete según WIND, valor de Pimax inicial vs final, y se realizó el cálculo de PIMax predicho para la edad teniendo en cuenta las fórmulas sugeridas por la guía australiana de EMI 2019¹², y sus días de permanencia en UCI.

El tiempo de inicio de EMI en esta serie de casos se encontraba entre 6 y 18 días de VM, correspondiendo estos datos a la paciente 1 y paciente 2 respectivamente.

Al final del EMI 2 pacientes se encontraban extubados, con extubación exitosa durante EMI, 3 pacientes se encontraban intubados, 2 de ellos con extubación fallida durante EMI secundaria a estridor laríngeo.

Al final de EMI 2 pacientes se clasificaron según WIND como Destete Corto, 2 como Destete prolongado grupo 3B (no exitoso) y 1 paciente como Grupo 0 Sin Destete, ya que al culminar el EMI aún no se le realizaba ninguna prueba de respiración espontánea.

Entre los 5 pacientes de esta serie de casos, el valor más bajo de PIMax inicial fue de 17 cmH₂O correspondiendo a los pacientes 1 y 4, y el más alto de 70 cmH₂O que corresponde a la paciente 2.

Al final del EMI la PIMax alcanzada tuvo como valor más bajo 19 cmH₂O y el más alto 61 cmH₂O, correspondiendo al paciente 4 y paciente 2 respectivamente.

La mayor ganancia de PIMax en esta serie de casos fue de 9 cmH₂O alcanzada por la

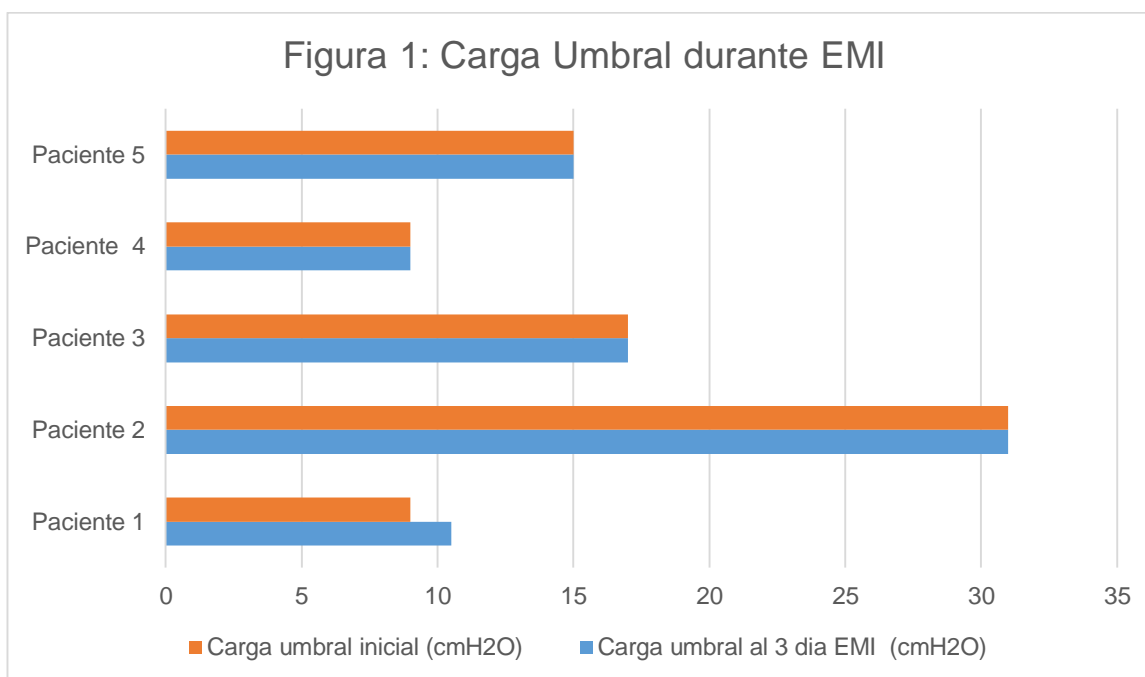
paciente 1.

En términos de días de estancia en UCI, la menor estancia fue de 11 días correspondiendo a la paciente 1 y la mayor de 30 días correspondiendo a la paciente 5.

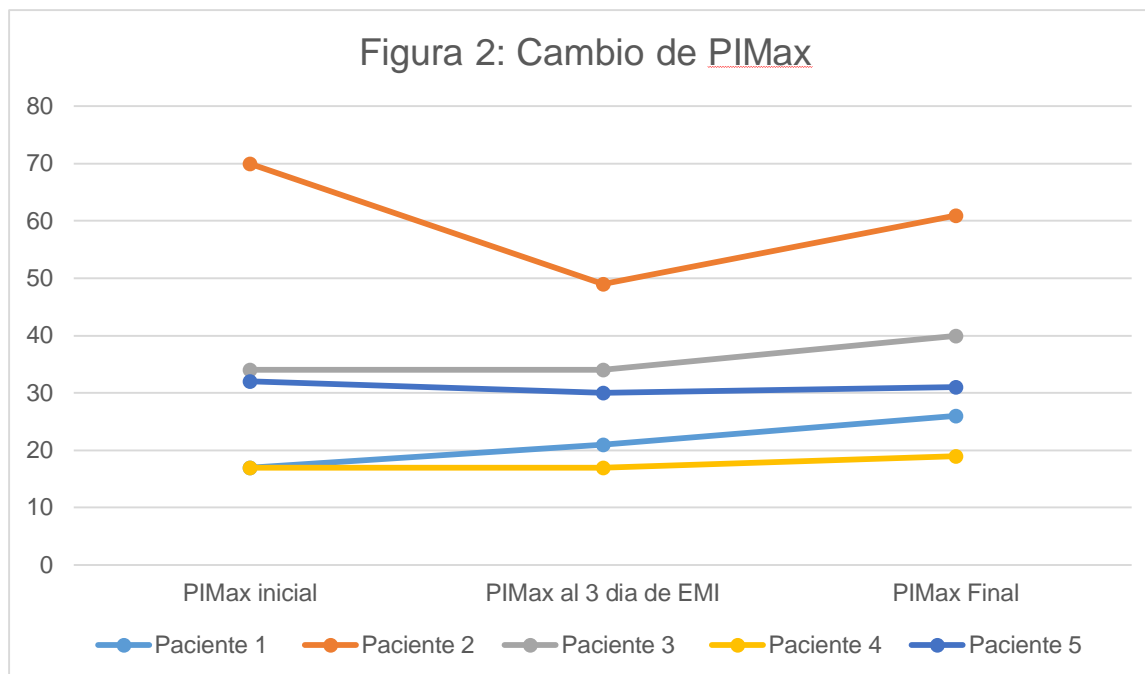
De los 5 pacientes incluidos en esta serie de casos fue la paciente 1 quien presentó mayor mejoría en cuanto a cmH_2O entre PIMax inicial y posterior al EMI, su destete fue corto y tuvo la menor estancia en UCI.

Con respecto al predicho calculado para género y edad, ningún paciente de esta serie de casos alcanzó el valor total de su predicho, sin embargo es posible evidenciar que en 3 de 5 pacientes se presentó mejoría en los valores de PIMax al finalizar el EMI, una paciente mantuvo su valor de PIMax y una más, la paciente 2, con peculiaridades en su curso clínico no mejoró, sin embargo presentó una mejoría entre la 2da y 3ra medición de PIMax.

Llama la atención el comportamiento de PIMax en esta paciente, iniciando con un valor muy cercana a su predicho, lo que se atribuye a que se trata de una mujer joven, sin comorbilidades pulmonares, ni neuromusculares, ni enfermedades crónicas previas, SOFA y APACHE más bajos que los demás, además de ello en particular no recibió bloqueador neuromuscular, se encontraba en ocasiones combativa, siendo difícil en primera instancia el ajuste médico de sedación consciente, cuando esto se logró se realizaron las mediciones y se comenzó el EMI durante el cual presentó una autoextubación y extubación programada fallidas, requiriendo 2 reintubaciones por estridor laríngeo lo que pudo influir en el comportamiento de la PIMax.



En la figura 1 se evidencia la carga umbral utilizada para entrenamiento en esta serie de casos, la carga mínima fue de 9 cmH₂O y la máxima de 31 cmH₂O, en algunos pacientes se mantuvo la carga de EMI al tercer día puesto que el valor de PIMax no tuvo variación entre la primera y segunda medición, pero siempre se mantuvo el EMI con el 50% de PIMax, en una paciente cuya PIMax a la segunda medición mejoró fue posible reajustar la carga umbral de EMI.



En la figura 2 (gráfica lineal) se puede observar el comportamiento para la PIMax de los pacientes de esta serie de casos, durante sus tres momentos de medición, la cual complementa el gráfico de barras indicando los casos en que la Pimax se mantuvo en el mismo valor, por lo que se continuó con la misma carga umbral.

11. DISCUSIÓN

Para la discusión de los resultados de esta serie de casos nos fundamentamos en los reportes y series de caso reportados en la bibliografía el primero en el año 2002⁶¹, 2003⁶², 2005⁶³, 2012⁶⁴ y el más reciente en 2019⁶⁵.

Tabla 3.

Participantes	Tipo de EMI	Sesión EMI	Tiempo de inicio de EMI	Resultados
<i>Suaza et al (2020)</i>	5	Thresolhd	50% de Pimax 3 series de 10 rep 2 veces día/ 7 días Reajuste de Umbral al 3º día.	VMI > 72 horas Pimax se mantuvo y/o aumento en 5 pacientes con respecto a su predicho.
<i>Martin et al (202)</i>	10	Dispositivo PEP	No hay reporte de intensidades 4 series de 6 rep 1 vez/día, 5-7 días	VMI > 7 días Mejoró Fuerza muscular respiratoria, carga inicial de EMI 7cmH2O, y se aumentó a 18cmH2O (p <0,05). No hay reporte de Pimax
<i>Sprague et al (2003)</i>	6	Thresolhd	50% de Pimax 4 series de 6-8 rep 1 vez/día, 6-7 días Reajuste de Umbral: Borg 6-8	TQT + VMI Pimax aumentó: media de 22.5 cmH2O a 54.0 cmH2O, para una ganancia del 140%
<i>Chang et al (2005)</i>	2	Thresolhd	No hay reporte de intensidades 3 series de 8 rep 2 veces/día (hasta el alta) Reajuste de Umbral: Borg 6-8.	Al Alta de UCI Mejoría en Pimax Caso 1: 17.8% Caso 2: 52%
<i>Bissett et al (2012)</i>	10	Thresolhd	50% de Pimax 3 a 6 series de 6 rep Reajuste de Umbral: Borg 6-8.	TQT + VMI Aumento significativo de la Pimax (Promedio Diferencia 18.6 cmH2O, 95% CI 11.8-25.3)
<i>Haque et al (2019)</i>	2	Thresolhd	No hay reporte de intensidades 3 series de 8 repeticiones 2 veces/día (hasta el alta) Reajuste de Umbral: Borg 6-8.	Al Alta de UCI Mejoría en Pimax Caso 1: 17.8% Caso 2: 52%

En la Tabla 3 se encuentran 5 series de casos, en todas utilizaron el mismo tipo de EMI, flujo independiente, los mayores reportes de casos fueron el de Bisset 2012⁶⁴ y Martin 2002⁶¹ con 10 pacientes, 4 artículos^{62,63,64,65} utilizaron Threshold como instrumento para EMI al igual que la presente serie de casos, y solo uno, el más antiguo de Martin y cols⁶¹ utiliza para ello un dispositivo PEP, realizado en todos los casos en pacientes con VM prolongada, 2 artículos reportan intensidades de entrenamiento de 50% de PIMax^{62,64} como en la presente serie de casos, la dosificación de EMI es similar encontrándose entre 3 y 4 series de 6-8 rep, con periodos de descanso y realización de 1 a 2 veces /día durante 5-7 días, reportando en todos los casos mejoría de fuerza muscular inspiratoria

medidos a través de PIMax^{62,63,64,65}, excepto en Martín 2002⁶¹ en el cual no se reporta medición de PIMax pero documentan mejoría a través de tolerancia a mayor carga umbral de EMI.

A diferencia de la mayoría de series de caso reportadas en la literatura, en esta serie de casos se comenzaba el EMI con el paciente IOT y se continuaba durante los 7 días con el paciente extubado o traqueostomizado.

12. CONCLUSIÓN

En esta serie de 5 casos de pacientes con ventilación mecánica mayor o igual a 72 horas el EMI por 7 días mantuvo y/o mejoró la Presión Inspiratoria Máxima.

13. IMPLICACIONES CLÍNICAS

Con la realización de este proyecto de investigación se resalta la necesidad de implementar protocolos de EMI y disponer de instrumentos confiables y válidos para evaluar fuerza muscular respiratoria, además de la necesidad de despertar temprano que permita a los pacientes ventilados mecánicamente en Unidades de cuidados intensivos realizar EMI para facilitar destete, lo que reafirma la necesidad del trabajo interdisciplinario en UCI.

14. LIMITACIONES

-

Dentro de las limitaciones identificadas en la presente investigación se encuentran la falta de evaluación del estado nutricional, el cual puede repercutir en los resultados de EMI, y la heterogeneidad en los protocolos de despertar temprano, los cuales dependían de los protocolos de la institución de salud en la que se llevó a cabo la investigación, y no del equipo investigador.

15. FORTALEZAS

Dentro de las fortalezas a destacar de la presente investigación se encuentran la metodología rigurosa con la que fue realizada, las estrategias utilizadas para disminuir la posibilidad de sesgos de información y selección, y para controlar factores de confusión, así como el control de calidad que se llevó dentro de su proceso.

16. ANEXOS

Anexo 1:



CONSENTIMIENTO INFORMADO

1. INFORMACIÓN DEL ESTUDIO

Lo estamos invitando a participar en el proyecto de investigación “Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de la ciudad de Cali” liderada por el Grupo de Investigación Ejercicio y Salud Cardiopulmonar de la Escuela de Rehabilitación Humana, durante el período comprendido entre noviembre de 2019 a febrero del 2020.

Este estudio busca evaluar la función del diafragma con ultrasonografía a 27 pacientes hospitalizados en la unidad de cuidado intensivo, quienes recibirán entrenamiento muscular inspiratorio.

Este estudio se considera como una investigación con riesgo mayor que el mínimo según la norma 008430 del Ministerio de Salud (actualmente Ministerio de la Protección Social).

Los resultados de esta investigación podrían contribuir a:

- Enriquecimiento del conocimiento del equipo de profesionales e instituciones, que trabajen en el área de cuidado intensivo, favoreciendo el razonamiento clínico pertinente y oportuno que guíe la intervención terapéutica.
- Integración de investigadores del Departamento de Anestesia y Residentes de Anestesia de Univalle, lo que permite visualizar diferentes posibilidades en investigación a nivel del conocimiento interdisciplinar.
- Realización de publicaciones científicas y conferencias en congresos nacionales e internacionales sobre los resultados del proyecto cuyos beneficiarios serán los profesionales de salud que trabajan con pacientes críticos, y la población de usuarios que ellos atienden.

1.1 ¿Que se le hará si participa en el estudio?

Se invitará a los pacientes de cuidado intensivo en ventilación mecánica mayor a 72 horas y su familiar quien está a cargo de su cuidado. Usted puede elegir su participación o decidir no hacerlo, si acepta deberá firmar el presente consentimiento informado. Cualquiera que sea su decisión seguirá recibiendo todos los servicios ofrecidos en el Hospital Universitario del Valle.

Se registraran sus datos personales obtenidos de la historia clínica como como el diagnóstico y su condición clínica. Durante siete días recibirá un entrenamiento muscular respiratorio que consiste en ejercicios respiratorios dos veces al día dirigido por un fisioterapeuta; además se realizaràn mediciones al diafragma y músculos respiratorios.

1.2 ¿Qué beneficios obtiene si participa en el estudio?

Si decide participar en el estudio, no recibirá ninguna compensación económica, pero si se le entregara un informe de la función diafragmática. Gracias a su participación se podrá usar la ultrasonografía para evaluar los resultados del entrenamiento muscular inspiratorio en la unidad de cuidados intensivos.

1.3 ¿Cuáles son los riesgos del estudio?

Entre los riesgos durante la realización del entrenamiento muscular inspiratorio están: alteración en los signos vitales como la frecuencia respiratoria, disminución la saturación arterial de oxígeno, la presión arterial, la frecuencia cardíaca, agitación, sudoración entre otros. Estos riesgos pueden ser controlados ya que el personal que dirige el entrenamiento son profesionales expertos capacitados y entrenados en el procedimiento. El paciente tendrá monitoria continua de los signos vitales y su estado general, además los pacientes se encuentran en un área segura donde se dispone del apoyo médico permanente en caso de ser necesario.

1.4 ¿Qué costos tiene la participación en el estudio?

La participación en este estudio no implica ningún costo, ni se recibirá ninguna bonificación; La participación es absolutamente voluntaria y no incurrirá en ningún costo adicional. Usted será libre de retirarse de la investigación en cualquier momento, previo informe al investigador. Toda la información generada en este estudio será únicamente usada por los investigadores con fines académicos y de investigación.

1.5 Responsabilidad con el estudio

La responsabilidad del participante, al aceptar participar en la investigación es completar los 7 días de entrenamiento y permitir la realización de las mediciones de ultrasonografía.

1.6 Confidencialidad

La información generada por este estudio es estrictamente confidencial; se mantendrá la privacidad y el participante no será identificado en ninguna publicación. Guardaremos privacidad acerca de los registros que puedan identificarlo. En la publicación de resultados se omitirá el nombre de los participantes en la investigación; la información será conocida exclusivamente por el grupo investigador. Usted recibirá una copia del consentimiento.

Los investigadores le solicitan su autorización para utilizar la información recolectada, en estudios de investigación similares futuros, previa aprobación del Comité de Ética de la Universidad del Valle. Acepta: SI____ o NO____

1.7 Circunstancias bajo las cuales se termina su participación en el estudio

Es la decisión propia de no continuar en el estudio; si así lo decide, en nada afectará su atención en el Hospital.

2.0 DECLARACION DEL PARTICIPANTE

Declaro que soy mayor de edad, me encuentro en pleno uso de mis capacidades mentales y mi participación es voluntaria. Se me ha explicado y entiendo el propósito y el procedimiento del estudio.

En caso de alguna inconformidad, dudas o preguntas adicionales sobre el estudio, puede realizarlas o contactar a los investigadores: Jenny Marcela Arias Campo, teléfono cel. 3168663115, correo electrónico jenny.arias@correounivalle.edu.co, Ester Cecilia Wilches Luna, teléfono cel. 3174374624, correo electrónico Esther.wilches@correounivalle.edu.co, o comunicarse al Comité de Ética, teléfono 5185677, correo electrónico eticasalud@correounivalle.edu.co.

Nombre del participante	Documento de identidad	Firma del participante	Fecha: Teléfono:
1. Testigo (Nombre y firma)	Firma del testigo 1	Teléfono	Relación con el participante
2. Testigo (Nombre y firma)	Firma del testigo 2	Teléfono	Relación con el participante

Declaro que se me respeten las siguientes condiciones (si no hay, por favor escriba; ninguna)_____

3. DECLARACION DE LOS INVESTIGADORES

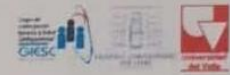
Hemos informado al participante el propósito y la naturaleza del procedimiento descrito anteriormente, de sus posibles riesgos y de la utilización de los resultados del mismo.

Nombre de los investigadores	Documento de identidad	Firma del investigador

Anexo 2:

Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali. Acta de aprobación UNIVALLE 013-018. Acta de Aprobación HUV 018-2019

CHECK LIST - CRITERIOS DE INCLUSION PARA LA PRIMERA MEDICION DE ECOGRAFIA DIAFRAGMATICA



Código del paciente

Servicio ingreso: UCI URG cama UCI2 Cama UCI3 Cama UCI 4 Cama UCI Neuro Cama MIU Cama Trauma Cama Otros

Fecha de inicio de VM Hora Inicio VM

Diagnóstico de urgencias _____

De acuerdo a los antecedentes y diagnóstico del paciente marque con una x **Si** presenta o **No** las siguientes condiciones:

Menor a 18 años	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Mayor a 70 años	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Reintubación	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Enfermedad neuromuscular progresiva	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Infarto agudo de miocardio	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Lesión del sistema nervioso central	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Lesión medular por encima de T5	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Alteración músculo esquelética de la caja torácica o de la columna vertebral	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Lesión del diafragma.	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Desnutrición.	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Enfermedad oncológica	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Obesidad mórbida	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
EPOC	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Terapia de esteroides de manera crónica	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Soporte ventilatorio domiciliario previo a la hospitalización.	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Traqueostomía antiguas o intubación naso traqueal	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Mujer en estado de embarazo	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Infectado con germen multiresistente	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

CODIGO DEL PACIENTE

Fecha de medición Hora Hr Min

Tiempo de VM (inicial)

Variables ultrasonográficas	Ventana Hepática	
Grosor al final de la inspiración (GFInsp)	____(cm)	
Grosor al final de la espiración (GFesp)	____(cm)	
Fracción de engrosamiento diafragmático FED= GFInsp – GFesp. / GFesp x 100	____ (%)	
Modo de ventilación (CPAP 5 CMH2O +PS 6 cmH2O, FIO2 % Para SaO2 >90%)	CPAP ____ FIO2 ____ FR ____ PS ____ VTE ____	
Monitoria durante evaluacion ecografica	INICIAL: PA ____ PAM ____ FC ____ FR ____ RASS ____ Sao2 ____	FINAL: PA ____ PAM ____ FC ____ FR ____ RASS ____ Sao2 ____
	Escala de Borg (disnea) ____ **NA (No aplica)	Escala de Borg (disnea) ____ **NA (No aplica)
Observaciones		

Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali. Acta de aprobación UNIVALLE 013-018. Acta de Aprobación HUV 018-2019

Código del paciente

Fecha de medición Hora



Medición ultrasonido : N°1 N°2 N°3 TOT TQT VE

Variables ultrasonografías	Ventana Hepática	
Grosor al final de la inspiración (GFinsp)	____(cm)	
Grosor al final de la espiración (GFesp)	____(cm)	
Fracción de engrosamiento diafragmático FED= GFinsp - GFesp. / GFesp x 100	____ (%)	
Modo de ventilación (CPAP 5 CMH2O +PS 6 cmH2O, FIO2 % Para SaO2 >90%)	CPAP ____ FIO2 ____ FR ____ PS ____ VTE ____	
Soporte de oxígeno y FIO2	MV ____ CN ____ FIO2 ____	
Excursión	____ mm	
Monitoria en la evaluación ecografica	INICIAL: PA (mmHg) ____ PAM (mmHg) ____ FC (lpm) ____ FR (rpm) ____ Spo2 (%) ____ RASS ____ Escala de Borg (disnea) ____ **NA (No aplica)	INICIAL: PA (mmHg) ____ PAM (mmHg) ____ FC (lpm) ____ FR (rpm) ____ Spo2 (%) ____ RASS ____ Escala de Borg (disnea) ____ **NA (No aplica)
	Observaciones	

Fecha de medición Hora

Medición Presion inspiratoria Máxima : N°1 N°2 N°3 TOT TQT VE

Variable	Valor n°1	Valor N°2	Valor N°3	Valor Mayor
Presion inspiratoria Máxima (PIMáx)				
Monitoria en la evaluación PIMáx	INICIAL: PA (mmHg) ____ PAM (mmHg) ____ FC (lpm) ____ FR (rpm) ____ Spo2 (%) ____ RASS ____ Escala de Borg (disnea) ____ **NA (No aplica)	INICIAL: PA (mmHg) ____ PAM (mmHg) ____ FC (lpm) ____ FR (rpm) ____ Spo2 (%) ____ RASS ____ Escala de Borg (disnea) ____ **NA (No aplica)		
	Observaciones			

Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafragmática y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali. Acta de aprobación UNIVALLE 013-018. Acta de Aprobación HUV 018-2019



FORMATO DE ENTRENAMIENTO MUSCULAR INSPIRATORIO

Code box for patient identification

Table with columns for patient info, initial evaluation (Modo, VC, PEEP, FR, FIO2, FC, SpO2, PAM, EB), and final evaluation (Modo, VC, PEEP, FR, FIO2, FC, SpO2, PA). Includes observation rows.

Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafrágica y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali. Acta de aprobación UNIVALLE 013-018. Acta de Aprobación HUV 018-2019



Datos sociodemográficos

Fecha	D D M M A A A A							
Código del paciente	[][][][][][][][][]							
Genero	F M							
Edad (años cumplidos)	[][][][][][][][][]							
Antecedentes personales	<input type="checkbox"/> HTA <input type="checkbox"/> DM Tipo I <input type="checkbox"/> DM Tipo II <input type="checkbox"/> Enfermedad coronaria <input type="checkbox"/> IAM previo <input type="checkbox"/> Fiebre reumatoide <input type="checkbox"/> Enfermedad Psiquiátrica, mental o cognitiva <input type="checkbox"/> Otros _____ <input type="checkbox"/> Hipertiroidismo <input type="checkbox"/> Hepatopatía <input type="checkbox"/> Insuficiencia Renal Crónica <input type="checkbox"/> Enfermedad Autoinmune <input type="checkbox"/> Asma <input type="checkbox"/> TVP <input type="checkbox"/> Enfermedad cerebrovascular <input type="checkbox"/> Ninguno							
Antecedentes toxicológicos, farmacológicos y no patológicos	<input type="checkbox"/> Alcohol <input type="checkbox"/> Tabaquismo <input type="checkbox"/> Fármacos Esteroides <input type="checkbox"/> Ninguno							
Diagnóstico de ingreso a UCI	<input type="checkbox"/> Cardíaco <input type="checkbox"/> Neurológico <input type="checkbox"/> Sepsis <input type="checkbox"/> Neuro- quirúrgico				<input type="checkbox"/> Respiratorio <input type="checkbox"/> Gastrointestinal <input type="checkbox"/> Metabólico <input type="checkbox"/> Traumatología			
Diagnóstico médico definido en UCI								
Índices	SOFA [][][]		APACHE [][][][][][][][]					
Inicio nutrición a las 72 horas	SI NO							
Fecha ingreso UCI	Ingres a UCI SI NO D D M M A A A A							
Fecha y hora de inicio de la VM	D D M M A A A A HR MIN Servicio: <input type="checkbox"/> No Aplica							
Fecha y hora de TQT	SI NO D D M M A A A A HR MIN <input type="checkbox"/> No Aplica							
Fecha y hora de inicio del destete.	D D M M A A A A HR MIN <input type="checkbox"/> No Aplica							
Tolerancia a la PRE	SI NO <input type="checkbox"/> No Aplica							
Resultado del destete Clasificacion WIND	<input type="checkbox"/> 0. Sin destete <input type="checkbox"/> 3A. Destete Prolongado <input type="checkbox"/> 1. Destete simple <input type="checkbox"/> 3B. Destete Prolongado <input type="checkbox"/> 2. Destete difícil <input type="checkbox"/> No Aplica							
Fecha y hora de extubaciones durante el entrenamiento muscular	D D M M A A A A HR MIN N° de extubaciones _____ D D M M A A A A HR MIN D D M M A A A A HR MIN <input type="checkbox"/> No Aplica							
Horas totales de destete	HR MIN <input type="checkbox"/> No Aplica							
Fecha y hora de ingreso al protocolo de EMI	D D M M A A A A HR MIN <input type="checkbox"/> No Aplica							
Tiempo (horas) VM por modo ventilatorio previo ingreso al EMI	Controlados Asistidos CPAP PAV				<input type="checkbox"/> No Aplica			
Horas de VM previo a EMI	HR MIN <input type="checkbox"/> No Aplica							

Evaluación de la fracción de engrosamiento, excursión diafrágica y presión inspiratoria máxima en pacientes en ventilación mecánica mayor a 72 horas, que realizan entrenamiento muscular inspiratorio en una unidad de cuidados intensivos de adultos en la ciudad de Cali. Acta de aprobación UNIVALLE 013-018. Acta de Aprobación HUV 018-2019

Tiempo (horas) de VM por modo ventilatorio durante el protocolo EMI	Controlados Asistidos CPAP PAV	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Horas de VM durante el EMI	HR MIN	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Total Horas de VM (antes y durante la VM)	HR MIN	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Horas por fuera de la VM (antes y durante el EMI)	HR MIN	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Medicamentos (antes y durante el EMI)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Medicamentos</th> <th>Nombre del fármaco</th> <th>Tiempo (HORAS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Sedantes</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Analgésicos</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Relajantes</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Esteroides</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Medicamentos	Nombre del fármaco	Tiempo (HORAS)	Sedantes							Analgésicos							Relajantes							Esteroides							<input type="checkbox"/> No Aplica	
Medicamentos	Nombre del fármaco	Tiempo (HORAS)																																
Sedantes																																		
Analgésicos																																		
Relajantes																																		
Esteroides																																		
Terapia física (antes y durante el EMI)	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO N° de sesiones de Terapia Física	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Recibe movilización temprana MT (movilización temprana): Decubito dorsal (Dd), Sedente en borde de cama (SB), Sedente en silla (SS), Bipedestacion (B), Deambulacion (D)	Fecha de inicio D D M M A A A A	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
MT Durante el EMI	<table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	<input type="checkbox"/> No Aplica																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																				
Requerimiento de VMNI postextubacion durante el EMI	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Horas de VMNI HR MIN	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Extubación fallida (durante el EMI)	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Fecha de las re intubaciones (durante el EMI)	<table border="1"> <tr><td>v</td><td>D</td><td>M</td><td>M</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr><td>v</td><td>D</td><td>M</td><td>M</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr><td>v</td><td>D</td><td>M</td><td>M</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr><td>v</td><td>D</td><td>M</td><td>M</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr> </table>	v	D	M	M	A	A	A	A	v	D	M	M	A	A	A	A	v	D	M	M	A	A	A	A	v	D	M	M	A	A	A	A	N° de re intubaciones _____ <input type="checkbox"/> No Aplica
v	D	M	M	A	A	A	A																											
v	D	M	M	A	A	A	A																											
v	D	M	M	A	A	A	A																											
v	D	M	M	A	A	A	A																											
Causas de re-intubación (durante el EMI)	<input type="checkbox"/> No Aplica																																	
Shock septico	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Fecha de shock séptico D D M M A A A A	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Muerte	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Fecha de muerte D D M M A A A A	<input type="checkbox"/> No Aplica																																
Decisión de continuar	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Fecha de decisión D D M M A A A A	<input type="checkbox"/> No Aplica																																

17. BIBLIOGRAFÍA

1. Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Critical Care Perspective Ventilator-induced Diaphragmatic Dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med*. [Internet]. 2004. [citado 30 Oct 2019]. 169(3):336–41. Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200304-489CP>
2. Sandoval L, Casas I, Wilches E, García A. Eficacia del entrenamiento muscular respiratorio en el destete de la ventilación mecánica en pacientes con ventilación mecánica por 48 o más horas: un ensayo clínico controlado. *Medicina Intensiva*. [Internet]. 2019. [citado 30 Oct 2019] 43(2), 79-89. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210569117303418>
3. Elkins, M., & Dentice, R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *Journal of physiotherapy*, [Internet]. 2015. [citado 30 Oct 2019] 61(3), 125-134. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1836955315000557>
4. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, Coirault C, et al. Diaphragm Dysfunction on Admission to the Intensive Care Unit. Prevalence, Risk Factors, and Prognostic Impact—A Prospective Study. *Am J Respir Crit Care Med*. [Internet]. 2013. [citado 30 Oct 2019];188(2):213–9. Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201209-1668OC>

5. Supinski GS, Callahan LA. Diaphragm weakness in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care*. [Internet]. 2013. [citado 30 Oct 2019];17(3):R120. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc12792>

6. Alía I, Esteban A. Weaning from mechanical ventilation. *Crit Care*. [Internet]. 2000; [citado 30 Oct 2019]; 4(2):72–80. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc660?optIn=false>

7. Beduneau G, Pham T, Schortgen F, Piquilloud L, Zogheib E, Jonas M, et al. Epidemiology of weaning outcome according to a new definition the WIND study. *Am J Respir Crit Care Med*. [Internet]. 2017 [citado 30 Oct 2019];195(6):772–83. Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201602-0320OC>

8. Hill K, Dennis DM, Patman SM. Relationships between mortality, morbidity, and physical function in adults who survived a period of prolonged mechanical ventilation. *Journal of critical care*. [Internet]. 2013. [citado 30 Oct 2019]; 28(4):427-32. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883944113000555>

9. Gibson GJ, Whitelaw W, Siafakas N, Supinski GS, Fitting JW, Bellemare F, et al. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. [Internet]. 2002. [citado 30 Oct 2019].;166(4):518–624. Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.166.4.518>

10. Schellekens W-JM, van Hees HWH, Doorduyn J, Roesthuis LH, Scheffer GJ, van der Hoeven JG, et al. Strategies to optimize respiratory muscle function in ICU patients. *Crit Care*. [Internet]. 2016. [citado 30 Oct 2019]; 20(1):103. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-016-1280-y>
11. Vorona S, Sabatini U, Al-Maqbali S, Bertoni M, Dres M, Bissett B, et al. Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults a systematic review and meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc*. [Internet]. 2018. [citado 30 Oct 2019];15(6):735–44. Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1513/AnnalsATS.201712-961OC>
12. Bissett B, Leditschke IA, Green M, Marzano V, Collins S, Van Haren F. Inspiratory muscle training for intensive care patients: A multidisciplinary practical guide for clinicians. *Aust Crit Care*. [Internet]. 2019. [citado 30 Oct 2019].May;32(3):249–55. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1036731417303855>
13. Serón, P., Riedemann, P., Muñoz, S., Doussoulin, A., Villarroel, P., & Cea, X. (2005). Efecto del entrenamiento muscular inspiratorio sobre la fuerza muscular y la calidad de vida en pacientes con limitación crónica del flujo aéreo. *Ensayo clínico aleatorizado. Archivos de Bronconeumología*, [Internet]. 2005. [citado 30 Oct 2019]. 41(11), 601-606. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289605707067>
14. Ramirez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, Barreiro E, Hernandez N, Mota S, et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease:

structural adaptation and physiologic outcomes. *Am J Respir Crit Care Med.* [Internet]. 2002. [citado 30 Oct 2019];166(11):1491–7. Disponible en: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.200202-075OC>

15. Gonzales M. (2014). Dispositivo Threshold IMT para el entrenamiento muscular respiratorio vs. fisioterapia respiratoria convencional en los pacientes que estuvieron internados en la Unidad de Terapia Intensiva Adultos del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y del Ambiente en la Ciudad de Asunción, año 2014. *Rev UN Med.* [Internet]. 2016. [citado 30 Oct 2019]; 5(1): 283-360. Disponible en: <http://investigacion.uninorte.edu.py/wp-content/uploads/2018/07/v05-a05.pdf>

16 Dennis, R. J., Pérez, A., Rowan, K., Londoño, D., Metcalfe, A., Gómez, C., & McPherson, K. (2002). Factores asociados con la mortalidad hospitalaria en pacientes admitidos en cuidados intensivos en Colombia. *Archivos de bronconeumología,* [Internet]. 2002. [citado 30 Oct 2019]; 38(3), 117-122. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289602751685>

17. Álvarez, J. M. E., Correa, J. A. H., & Betancur, C. L. (2005). Caracterización epidemiológica del paciente crítico en una institución de tercer nivel de atención. Pereira agosto-noviembre de 2004. *Revista Investigaciones Andina,* [Internet].. 2005. [citado 30 Oct 2019]; 7(11), 5-15. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/IA/article/view/172>

18. Goldstein, M. S., Scalzitti, D. A., Craik, R. L., Dunn, S. L., Irion, J. M., Irrgang, J., ... & Shields, R. K. (2011). The revised research agenda for physical therapy. *Physical therapy*, [Internet]. 2011. [citado 10 Nov 2019]; 91(2), 165-174. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/91/2/165/2734981>
19. Schreiber A, Bertoni M, Goligher EC. Avoiding Respiratory and Peripheral Muscle Injury During Mechanical Ventilation. *Crit Care Clin*. [Internet]. 2018 [citado 10 Nov 2019]; Jul;34(3):357–81. Disponible en: [https://www.criticalcare.theclinics.com/article/S0749-0704\(18\)30682-1/abstract](https://www.criticalcare.theclinics.com/article/S0749-0704(18)30682-1/abstract)
20. Orozco-Levi, M., & Gea, J. (1997). El diafragma. *Archivos de bronconeumologia*, [Internet]. 1997. [citado 10 Nov 2019]; 33(8), 399-411. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289615305676>
21. Enright, S., Chatham, K., Ionescu, A. A., Unnithan, V. B., & Shale, D. J. (2004). Inspiratory muscle training improves lung function and exercise capacity in adults with cystic fibrosis. *Chest*, [Internet]. 2004. [citado 10 Nov 2019]; 126(2), 405-411. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001236921531151X>
22. Bissett, B., Leditschke, I. A., Paratz, J. D., & Boots, R. J. (2012). Respiratory dysfunction in ventilated patients: can inspiratory muscle training help?. *Anaesthesia and intensive care*, [Internet]. 2012. [citado 10 Nov 2019]; 40(2), 236-246. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0310057X1204000205>

23. Schefold, J. C., Bierbrauer, J., & Weber-Carstens, S. (2010). Intensive care unit—acquired weakness (ICUAW) and muscle wasting in critically ill patients with severe sepsis and septic shock. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, [Internet]. 2010. [citado 10 Nov 2019]; 1(2), 147-157. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1007/s13539-010-0010-6>
24. Díaz, M. C., Ospina-Tascón, G. A., & Salazar, B. C. (2014). Disfunción muscular respiratoria: una entidad multicausal en el paciente críticamente enfermo sometido a ventilación mecánica. *Archivos de Bronconeumología*, [Internet]. 2014. [citado 10 Nov 2019]; 50(2), 73-77. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289613000938>
25. Bissett B, Leditschke AI, Green M. Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: A case series. *Intensive Crit Care Nurs*. [Internet]. 2012. [citado 10 Nov 2019]; 28(2):98–104. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964339712000043>
- 26- Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: A systematic review and meta- analysis. Vol. 42, *Sports Medicine*. [Internet]. 2012. [citado 10 Nov 2019]; p. 707–24. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03262290>
27. Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve

tidal volume and maximal respiratory pressures: A randomised trial. *J Physiother.* [Internet]. 2013. [citado 10 Nov 2019]; 59(2):101–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1836955313701620>

28. Cader SA, de Souza Vale RG, Castro JC, Bacelar SC, Biehl C, Gomes MCV, et al. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: A randomised trial. *J Physiother.* [Internet]. 2010. [citado 10 Nov 2019];56(3):171–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1836955310700229>

29. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and Lung Ultrasound to Predict Weaning Outcome: Systematic Review and Meta-Analysis. *Chest.* [Internet]. 2017. [citado 10 Nov 2019];152(6):1140–50. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012369217314824>

30. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: A randomised trial. *Thorax.* [Internet]. 2016. [citado 10 Nov 2019];71(9):812–9. Disponible en: <https://thorax.bmj.com/content/71/9/812.short>

31. Guyton, A.C.& Hall, J.E. (2016). "Tratado de Fisiología médica". 13ª Edición. Interamericana-McGraw-Hill. Madrid

32. Izquierdo, M., & Aguado, X. (1999). Adaptacions neuromusculars durant l'entrenament de força en homes de diferents edats. *Apunts. Educació física i esports*, [Internet]. 1999. [citado 10 Nov 2019]; 1(55), 20-26. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFE/article/view/302638>
33. Calafat, C. B. (2007). Deporte y masa ósea (II). Características del ejercicio físico que condicionan el modelado y remodelado óseo. *Apunts. Medicina de l'Esport*, [Internet]. 2007. [citado 10 Nov 2019]; 42(154), 92-98. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1886658107700439>
34. Gutiérrez AJ. Entrenamiento personal: bases, fundamentos y aplicaciones: INDE; 2005.
35. Wilmore JH, Costill DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 2007. Editorial Paidotribo
36. Santos, R. M. G. D., Pessoa-Santos, B. V., Reis, I. M. M. D., Labadessa, I. G., & Jamami, M. (2017). Manovacuometry performed by different length tracheas. *Fisioterapia e Pesquisa*, [Internet]. 2007. [citado 10 Nov 2019]; 24(1), 9-14. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1809-29502017000100009&script=sci_arttext
37. GONÇALVES, M.P.; TOMAZ, C.A.B.; CASSIMINHO, A.L.F.; DUTRA, M.F. Avaliação da força muscular inspiratória e expiratória em idosas praticantes de atividade física e

sedentárias. R. bras. Ci e Mov. [Internet]. 2006. [citado 10 Nov 2019]; 14(1): 37-44.

Disponible en: <https://bdtd.ucb.br/index.php/RBCM/article/viewFile/676/681>

38. Mora-Romero, U. D. J., Gochicoa-Rangel, L., Guerrero-Zúñiga, S., Cid-Juárez, S., Silva-Cerón, M., Salas-Escamilla, I., & Torre-Bouscoulet, L. (2014). Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. Neumología y cirugía de tórax. [Internet]. 2014. [citado 10 Nov 2019]; 73(4), 247-253. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462014000400005

39. Black, L. F., & Hyatt, R. E. (1969). Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. American review of respiratory disease, [Internet]. 1969. [citado 10 Nov 2019]; 99(5), 696-702. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462014000400005

40. Hernández-Álvarez, E. D., Rodríguez-Medina, C. L., Guzmán-David, C. A., Ortiz-González, D. C., & Rico-Barrera, A. V. (2016). Medidas de presión inspiratoria y espiratoria máxima en sujetos activos y sedentarios. Revista de la Facultad de Medicina, [Internet]. 2016. [citado 10 Nov 2019]; 64, 47-52. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-00112016000500047&script=sci_abstract&tlng=en

41. Ferreira, P. E. G., Rodrigues, A. J., & Évora, P. R. B. (2009). Efectos de un Programa de Rehabilitación de la Musculatura Inspiratoria en el Postoperatorio de Cirugía Cardíaca.

Arq Bras Cardiol, [Internet]. 2016. [citado 10 Nov 2019]; 92(4), 268-275. Disponible en: <http://www.arquivosonline.com.br/espanol/2009/9204/PDF/e9204005.pdf>

42. Serón, P., Riedemann, P., Muñoz, S., Doussoulin, A., Villarroel, P., & Cea, X. (2005). Efecto del entrenamiento muscular inspiratorio sobre la fuerza muscular y la calidad de vida en pacientes con limitación crónica del flujo aéreo. Ensayo clínico aleatorizado. Archivos de Bronconeumología, , [Internet]. 2005. [citado 10 Nov 2019]; 41(11), 601-606. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289605707067>

43. Mora-Romero, U. D. J., Gochicoa-Rangel, L., Guerrero-Zúñiga, S., Cid-Juárez, S., Silva-Cerón, M., Salas-Escamilla, I., & Torre-Bouscoulet, L. (2014). Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. Neumología y cirugía de tórax, [Internet]. 2005. [citado 10 Nov 2019]; 41(11), 601-606. 73(4), 247-253. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462014000400005

44. European, R. S., & American Thoracic Society. (2002). ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. American journal of respiratory and critical care medicine, [Internet]. 2002. [citado 10 Nov 2019]; 166(4), 518. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12186831>

45. Rodríguez, I. (2015). Confiabilidad de la fuerza muscular respiratoria y flujos espiratorios forzados en adolescentes sanos. Revista chilena de enfermedades

respiratorias, [Internet]. 2015. [citado 10 Nov 2019]; 31(2), 86-93. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-73482015000200003&script=sci_arttext

46. Wilches-Luna EC, Sandoval LM, López DJ. Confiabilidad intra e inter evaluador de la medición de la presión inspiratoria máxima (Pimáx) en treinta sujetos sanos de la ciudad de Cali. Rev Cienc Salud. [Internet]. 2016. [citado 10 Nov 2019]; 14(3):329-338. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-72732016000300002&script=sci_abstract&tIng=en

47. Pessoa, I. M. B. S., Pereira, H. L. A., Aguiar, L. T., Tagliaferri, T. L., Silva, L. A. M. D., & Parreira, V. F. (2014). Test-retest reliability and concurrent validity of a digital manovacuometer. Fisioterapia e Pesquisa, [Internet]. 2014. [citado 10 Nov 2019]; 21(3), 236-242. Disponible en: https://erj.ersjournals.com/content/44/Suppl_58/P4304.short

48. Polkey, M. I., Green, M., & Moxham, J. (1995). Measurement of respiratory muscle strength. Thorax, [Internet]. 1995. [citado 10 Nov 2019]; 50(11), 1131. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC475082/>

49. Evans, J. A., & Whitelaw, W. A. (2009). The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. Respiratory care, [Internet]. 2009. [citado 10 Nov 2019]; 54(10), 1348-1359. Disponible en: <http://rc.rcjournal.com/content/54/10/1348.short>

50. de la Rosa, A. H., & Ríó, F. G. (2000). Exploracion funcional de los músculos respiratorios. Archivos de Bronconeumología, [Internet]. 2000. [citado 10 Nov 2019];

36(3), 146-158. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289615302003>

51. Ibarra-Estrada, M. A., Briseño-Ramírez, J., Chiquete, E., & Ruiz-Sandoval, J. L. (2010). Debilidad adquirida en la Unidad de Cuidados Intensivos: Polineuropatía y miopatía del paciente en estado crítico. *Revista Mexicana de Neurociencia*, [Internet]. 2010. [citado 10 Nov 2019]; 11(4), 289-295. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/b6cd/74510538224bd4e46ed714c3a5a3a0381498.pdf>

52. Gil Obando, L. M., López López, A., & Ávila, C. L. (2012). Normal values of the maximal respiratory pressures in healthy people older than 20 years old in the City of Manizales- Colombia. *Colombia Médica*, [Internet]. 2012. [citado 10 Nov 2019]; 43(2), 119-125. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95342012000200003&script=sci_arttext&tlng=pt

53. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian J Med Biol Res*. [Internet]. 1999. [citado 10 Nov 2019];32(6):719–27. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-879X1999000600007&script=sci_arttext&tlng=es

54. Caruso P, Friedrich C, Denari SDC, Ruiz SAL, Deheinzelin D. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest*.

[Internet]. 1999. [citado 10 Nov 2019];115(4):1096–101. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012369216377479>

55. Johnson DW. Ultrasound in the Intensive Care unit. Crit Care Secrets Fifth Ed. 2012;74–8.

56. Caruso P, Denari SD, Ruiz S AI, Bernal KG, Manfrin GM, Friedrich C, et al. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. Clinics. [Internet]. 2005. [citado 10 Nov 2019];60(6):479–84. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-59322005000600009&script=sci_arttext

57. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución No. 008430 de 1993 (4 de octubre de 1993): Por la cual se establecen las Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud. [Internet]. 1992. [citado 16 Junio 2020]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

58. Vicente, J. F. M. Tercer lugar Premio «Dr. Mario Shapiro» Escalas pronósticas en la Unidad de Terapia Intensiva. Medicina Crítica. [Internet]. 2012. [citado 16 Junio 2020]; 26(4), 234-241. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=36774>

59. Raurell Torredá, M., Burgos Cordón, A., Conejo Caravaca, A., & Corcuera Pastor, I. Evaluación de la sedación mediante la escala Richmond Agitation Sedation Scale en pacientes con ventilación mecánica de larga duración. *Revista Rol de Enfermería*. [Internet]. 2015. [citado 16 Junio 2020]; 38(7-8), 533-538. Disponible en: <https://medes.com/publication/101604>

60. Mera, M. F., Moya, A. G., Sánchez, M. E., Álvarez, J. R., Ramos, A. C., Chorro, B. B., ... & López, M. M. Análisis de 4 escalas de valoración de la sedación en el paciente crítico. *Enfermería intensiva*. [Internet]. 2009. [citado 16 Junio 2020]; 20(3), 88-94. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S113023990972588X>

61. Martin AD, Davenport PD, Franceschi AC, Harman E. Use of inspiratory muscle strength training to facilitate ventilator weaning: a series of 10 consecutive patients. *Chest*. [Internet]. 2002. [citado 16 Junio 2020]; J;122(1):192–6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012369216462987>

62. Sprague, S. S., & Hopkins, P. D. Use of inspiratory strength training to wean six patients who were ventilator-dependent. *Physical therapy*, [Internet]. 2003. [citado 16 Junio 2020]; 83(2), 171-181. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/83/2/171/2857551>

63. Chang, A. T., Boots, R. J., Henderson, R., Paratz, J. D., & Hodges, P. W. Case report: inspiratory muscle training in chronic critically ill patients—a report of two cases.

Physiotherapy Research International, [Internet]. 2005. [citado 16 Junio 2020]; 10(4), 222-226. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pri.14>

64. Bissett, B., Leditschke, I. A., & Green, M. Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: a case series. *Intensive and Critical Care Nursing*, [Internet]. 2012. [citado 16 Junio 2020]; 28(2), 98-104. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964339712000043?casa_token=uyB75loFoFgAAAAA:5CKPOyMtLaB2ERtr9SyOhb23Ia2t8PS9Sm5ZUOwQZ1qsaqAtWix77VccfuvTEMFFIEtXTnybGNo

65. Haque, M. A., Al Shehri, A. S., Rasheed, N., Singh, R., & Shahid, N. EFFECT OF INSPIRATORY MUSCLE TRAINING: A CASE REPORT. *Education*, 2020. [Internet]. 2019. [citado 16 Junio 2020]. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60081864/1562998639627520190722-121331-2qzcrd.pdf?1563812367=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPage_No._63-65_Original_Research_Article.pdf&Expires=1592346392&Signature=YsqmJVXhbaD5IxBHerOKbK2ib1cUk4pnoe3WbMaAIMwHGIDn87FF3fEtWdmLTYWnq89zk4reualvYdNr8c1LAm346op76ndkw6ABHem~CKqR0RdBTqwGRUB2ISZzjSaUgO6MglJx9BJSBHtE7A SYAj-rUEMGATMd7nOf8r72Fza6-m5U92a612S-XC3g4NmT-46l8pN21Gh9MCI1mujxtU~1em5QCjICY-SbL-o1HZKPXJQmhAhFFTWRyCnap1hKSAzJh~R5qhnGuAa9CfjZAgragc6mEPU8RuhLJgomLLJckqiUch54YHWtNJxEe7IDgk7a7LUjINWSWs5c4bSrRg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA