

Intervención en la fuerza de resistencia de los músculos respiratorios

INTERVENCIÓN EN LA FUERZA DE RESISTENCIA DE LOS MÚSCULOS  
RESPIRATORIOS EN PACIENTES ADULTOS EN LA UNIDAD DE CUIDADO  
INTENSIVO



AUTORES

HELEN KATHERINE HERNÁNDEZ SANTACRUZ

CAMILA LAVERDE MORENO

ALFREDO SOLER TORRES

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

BOGOTÁ D.C

NOVIEMBRE 2015

INTERVENCIÓN EN LA FUERZA DE RESISTENCIA DE LOS MÚSCULOS  
RESPIRATORIOS EN PACIENTES ADULTOS EN LA UNIDAD DE CUIDADO  
INTENSIVO



AUTORES

HELEN KATHERINE HERNÁNDEZ SANTACRUZ

CAMILA LAVERDE MORENO

ALFREDO SOLER TORRES

DOCENTE ASESOR

LUZ ÁNGELA ALEJO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

BOGOTÁ D.C

NOVIEMBRE 2015

## 2.2 TABLA DE CONTENIDO E ÍNDICES

1. Introducción.....	6-8
1.2. Objetivos.....	9
1.2.1 General.....	9
1.2.1.1 a 1.2.1.6 Específicos.....	9
1.3 Justificación.....	10
2. Marco de referencia.....	10
2.1 Marco teórico.....	10-24
2.2 Marco conceptual.....	24
2.2.2 Ventilación.....	25
2.2.1 Fuerza Muscular.....	25
2.2.3 Ventilación Mecánica.....	25
2.2.4 Fuerza de Resistencia.....	25
2.2.5 Fuerza Máxima.....	25
2.2.6 Destete Ventilatorio.....	25-26
2.2.7 Paciente Crítico.....	26
3. Marco metodológico.....	26
3.1 Tipo de estudio.....	26
3.2 Población.....	26

3.3 Procedimientos.....	26-28
3.4 Técnicas para la recolección de la información.....	28
4. Análisis de resultados.....	28-37
4.1 Discusión y conclusiones.....	37-42
4.2 Referencias.....	42-47
Anexos.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de fuerza muscular Medical Research Council.....	17-18
Tabla 2. Ecuaciones de referencia.....	22
Tabla 3. Categorías de revisión.....	29
Tabla 4. Año de publicación.....	30
Tabla 5. Idioma de publicación.....	30
Tabla 6. Ubicación geográfica.....	30
Tabla 7. Días de intervención.....	34
Tabla 8. Intensidad de trabajo.....	36

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Liberación del paciente de ventilación mecánica.....	20
-----------------------------------------------------------------	----

Gráfico 2. Tipo de estudio.....31

Gráfico 3. Nivel de evidencia.....31

Gráfico 4. Sesiones día.....32

Gráfico 5. Duración de la sesión.....32

Gráfico 6. Sesiones por semana.....33

Gráfico 7. Grupos musculares.....33

Gráfico 8. Volumen repeticiones.....34

Gráfico 9. Volumen series.....35

Gráfico 10. Ventilación mecánica invasiva.....36

## INTERVENCIÓN EN LA FUERZA DE RESISTENCIA DE LOS MÚSCULOS RESPIRATORIOS EN PACIENTES ADULTOS EN LA UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVO

### 1. INTRODUCCIÓN

El desacondicionamiento físico asociado al reposo prolongado en cama, es uno de los condicionantes que llevan a un aumento de la estancia en la unidad de cuidado intensivo (UCI) y a un mayor tiempo de requerimiento de ventilación mecánica invasiva para el paciente. Uno de los métodos para prevenir dicho condicionante es con la movilización temprana y la reeducación diafragmática como lo menciona el estudio de (Charry y cols., 2013). En donde se observó una reducción de la duración de la VM en aquellos pacientes que recibieron la intervención en movilización temprana. En la muestra del 2011, los pacientes presentaron una media de 14,4 días de VM, en comparación con una media de 7,9 días para la muestra del 2013, con una diferencia de 6,4 días ( $p=0,14$ ); evidenciando que la movilización y sedestación progresiva temprana influía de manera positiva en esta variable. En los días de estancia en UCI, se observó una reducción en aquellos pacientes a quienes se les aplicó el protocolo. La muestra del 2011 tuvo una media de 17 días de estancia, en comparación con una media de 10,7 para el 2013, con una diferencia de 6,3 días ( $p=0,17$ ). Entonces la movilización temprana contribuye a acelerar el proceso de recuperación y restablecer los niveles previos al ingreso de forma más rápida. Los resultados encontrados en la búsqueda de literatura científica concuerdan con los de ésta investigación, concluyendo que éste tipo de intervención reduce los días de VM y estancia en UCI, lo que a su vez resulta en mejores niveles de calidad de vida tras el alta hospitalaria.

En otro estudio de tipo observacional, prospectivo y analítico realizado en UCI

polivalente durante 6 meses, eligieron 79 pacientes en orden consecutivo de llegada y tuvieron en cuenta 2 criterios de inclusión principalmente: que llevaran 12 horas de VMI y que pasaran por la fase de destete de la VMI. Del total de pacientes, 15 tuvieron una extubación no programada (ENP) 11 por autoextubación, 3 accidental, 1 obstrucción del tubo endotraqueal. Una de las conclusiones fue que las ENP ocurren, generalmente, cuando el paciente se encuentra durante la fase de destete del ventilador como ocurrió en el 18.9% de los casos (Ayllón, Rodríguez, Sotelo y Latorre, 2009). Es entonces donde nace la necesidad de realizar una intervención fisioterapéutica temprana para los músculos respiratorios que reduzca el porcentaje de las ENP ya que hacen parte de los eventos adversos responsables en diferentes sitios por enfería o fisioterapia.

Dado el grado de inmovilización asociado a la Ventilación Mecánica, el paciente presenta:

Atrofia muscular de las fibras tipo I, fatiga muscular por menor capacidad oxidativa de la mitocondria, baja tolerancia al déficit de oxígeno y mayor dependencia del metabolismo anaeróbico (Restrepo, 2006). Generalmente la fuerza de resistencia muscular no ha sido un factor de mayor medición en los procesos de extubación de ventilación mecánica y posterior a la misma, más del 40% de los pacientes extubados presentan fatiga muscular (Castro y cols., 2012). Por lo que estos pacientes presentan mayor riesgo de falla en el destete ventilatorio, ventilación mecánica prolongada y aumento en la morbi-mortalidad, (Díaz, 2014; Hill, 2013) así como un aumento en los costos intrahospitalarios (Martina, Smitha y Gabrielli, 2013). Es entonces donde se destaca la importancia de una intervención rápida y oportuna en el entrenamiento de la fuerza de resistencia, ya que no se debe de retardar la retirada de la ventilación artificial, si ésta ya no es necesaria, pues las complicaciones relacionadas con el uso de la ventilación mecánica son dependientes del tiempo. De las variadas complicaciones, la más frecuente es la neumonía asociada al ventilador. Es importante

recordar que durante la primera semana de ventilación artificial la incidencia de tener neumonía asociada al ventilador es de algo más del 5 %, y si duplicamos el tiempo de ventilación a dos semanas, la frecuencia de aparición de neumonía llega al 19 %. Valga este argumento para justificar que cuanto antes podamos retirar el ventilador, interviniendo en la optimización de la fuerza de resistencia de los músculos respiratorios quitamos a nuestros pacientes el riesgo de padecer posibles complicaciones relacionadas con él. (Ramos y Benito, 2010).

A partir de esto, se hace necesario el poder evaluar la fuerza de resistencia que es la capacidad para mantener la disminución de la intensidad de los impulsos de fuerza lo más escasa posible ante un número determinado de repeticiones de éstos en un periodo de tiempo establecido. Teniendo como referencia la fuerza máxima que es la mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular puede aplicar ante una resistencia dada. Dicha manifestación de fuerza puede ser estática (fuerza máxima estática), cuando la resistencia a vencer es insuperable; o dinámica (fuerza máxima dinámica), si existe desplazamiento de dicha resistencia. (Dietrich, Klaus y Klaus, 2007). Con el fin de identificar la mejor estrategia de trabajo que conlleve a un adecuado reacondicionamiento.

Aunque idealmente la medición de la presión transdiafragmática sería la forma más directa y confiable de identificar la fuerza de resistencia por parte del músculo principal de la respiración (Diafragma), se tiene en cuenta la poca disponibilidad de equipos de medición y del sistema Catéter-Balón (Herrera de la Rosa, 2000). Por lo que surge como pregunta de investigación ¿Cómo intervenir en la fuerza de resistencia de los músculos respiratorios en paciente adulto en la unidad de cuidado intensivo?

## 1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General: Intervenir la fuerza de resistencia de los músculos respiratorios en pacientes adultos en la unidad de cuidado intensivo.

1.2.1.1 Específicos:

1.2.1.2 Identificar las diferentes estrategias para la intervención de la fuerza de resistencia en los músculos respiratorios de pacientes adultos.

1.2.1.3 Favorecer el destete de la ventilación mecánica a corto plazo, con menor probabilidad de falla en la extubación, reduciendo al mismo tiempo la dependencia de él por desacondicionamiento de los músculos respiratorios y reduciendo las patologías asociadas a la ventilación mecánica invasiva como la Neumonía.

1.2.1.4 Establecer parámetros de intervención que sirvan como guía en el quehacer fisioterapéutico.

1.2.1.5 Generar mayor impacto a nivel laboral sobre la importancia del entrenamiento en los músculos respiratorios obteniendo así mayor impacto a nivel social y familiar por una recuperación progresiva y óptima del paciente.

1.2.1.6 Crear la necesidad del diseño de una guía de manejo para basar el que

hacer fisioterapéutico con respecto a la intervención en la fuerza de resistencia en paciente crítico.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo tiene como fin identificar las diferentes estrategias para intervenir de forma precisa la fuerza de resistencia en paciente adulto en la unidad de cuidado intensivo. Teniendo en cuenta que al entrenar la fuerza de resistencia se puede tener dentro del que hacer fisioterapéutico como uno de los predictores asociados a una extubación no fallida ya que al intervenir el músculo del diafragma, principal musculo de la respiración, se reducirá al mismo tiempo el nivel de morbi-mortalidad al fallar teniendo que acudir a la reintubación. A nivel social se espera reducir el tiempo o días de ventilación mecánica invasiva evitando las patologías asociadas a la ventilación mecánica o infecciones asociadas al cuidado de la salud llevando al paciente a una menor estancia en UCI y por ende la disminución en los costos por estancias prolongadas. Con esta revisión se podrá realizar un seguimiento registrado principalmente de la fuerza de resistencia y paralelamente de la fuerza máxima permitiendo generar estrategias de manejo que favorezcan la recuperación del paciente. Adicionalmente crear bases para favorecer la propuesta de nuevos programas de actividad física dentro de la unidad de cuidado intensivo aplicables a dicho grupo.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Marco teórico

La ventilación mecánica es una ayuda terapéutica cuyo fin es sustituir o dar soporte a la función respiratoria dada por los músculos respiratorios inspiratorios, manteniendo el objetivo de favorecer un volumen minuto adecuado para cubrir las necesidades respiratorias del paciente, logrando así la disminución del trabajo respiratorio, revirtiendo la hipoxemia o evitando una falla ventilatoria que derive en acidosis respiratoria, de tal forma se garantiza un intercambio gaseoso adecuado. Dentro de las indicaciones de ventilación mecánica se encuentran la falla ventilatoria asociada a déficit neurológico con compromiso de los centros respiratorios, fatiga muscular respiratoria, alteraciones del intercambio gaseoso o pobre capacidad de defensa de vía aérea (Lizcano y Bermon, 2011). Es entonces donde se da la necesidad de implementar un plan de entrenamiento específico para el diafragma, los músculos accesorios de la respiración y los músculos espiratorios favoreciendo así el destete ventilatorio y previniendo las patologías o efectos adversos a la ventilación mecánica (Orozco, Marco y Ramirez S, 2010) como por ejemplo la neumonía asociada a la ventilación mecánica invasiva (VMI) ya que se considera como un factor de pronóstico relacionado con la mortalidad según el estudio de (Navarro, Safonts, Guibert y Porto, 2013) donde en un estudio de tipo observacional, analítico y retrospectivo de 45 pacientes con neumonía asociada a la VMI atendidos en un hospital de Cuba desde Mayo de 2011 hasta Mayo de 2012; se demostró que la duración prolongada de la ventilación mecánica y la elevada estadía influyeron en los fallecimientos. Pues la neumonía es la segunda complicación infecciosa en el medio hospitalario y su riesgo aumenta más de 20 veces por la presencia de la vía aérea artificial. Así mismo, el 80% de los episodios de neumonía nosocomial se producen en individuos atendidos con vía aérea artificial, denominada neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAV), la cual afecta hasta 50% de los pacientes según las enfermedades que ocasionan ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Además, presenta una densidad de incidencia que varía entre 10-20 episodios por cada 1000 días de ventilación mecánica, con un riesgo diario de 1-3 %. De hecho, la NAV es la principal causa de muerte en los

servicios de terapia intensiva. Por tal motivo se hace necesaria la intervención fisioterapéutica en los músculos respiratorios objetivando un destete ventilatorio efectivo sin la necesidad de una reintubación y disminuyendo las patologías asociadas a la VMI.

En la práctica clínica se incluye en general la recomendación de incluir los programas de rehabilitación pulmonar, incluso de forma específica de acuerdo a la clasificación de las patologías respiratorias según su etiología obstructiva o restrictiva. La literatura evidencia una gran cantidad de información acerca de las alteraciones de estructura y función de los músculos respiratorios en diferentes patologías agudas y crónicas, y en estas se describe el entrenamiento muscular inspiratorio como una estrategia terapéutica de gran importancia. La efectividad del entrenamiento muscular respiratorio inspiratorio se describe a partir del uso de válvulas de tipo umbral o de dispositivos que gradúen la intensidad del ejercicio. Sin embargo sobre efectividad demostrada en músculos espiratorios la evidencia no es suficiente (Orozco, Marco y Ramirez, 2010).

La mayoría de ensayos clínicos en los cuales se observa la efectividad del entrenamiento de músculos respiratorios se ha realizado en pacientes con EPOC, al igual que varias revisiones sistemáticas del entrenamiento de músculos inspiratorios, muchos de los cuales identifican los factores que influyen en la eficacia del entrenamiento muscular inspiratorio y realizan comparaciones sobre diferentes aspectos, tales como los placebos, el tratamiento farmacológico, la intensidad de ejercicio, o de diferentes tipos de entrenamientos. De forma general dichos estudios concluyen que el uso combinado de entrenamiento muscular inspiratorio y espiratorio combinado con el entrenamiento físico general aumenta significativamente la fuerza y la resistencia muscular inspiratoria (Hill, et al, 2006). La evidencia indica que el uso de válvulas de entrenamiento con resistencia o de tipo umbral se asocian con la mejoría

de la función muscular inspiratoria en cuanto a fuerza, evidenciada en la presión inspiratoria máxima, como en la resistencia y la sensación de esfuerzo percibido, a partir de la evaluación según la escala de Borg o la carga máxima de trabajo, además de la disminución de la sensación de disnea. Sin embargo, el entrenamiento de músculos inspiratorios sin un objetivo claro o sin el uso de válvulas tipo umbral no evidencia mejoría significativa. (Crowe, et al, 2005).

Los músculos respiratorios son parte vital y primaria para una adecuada y eficiente ventilación alveolar. Los pacientes con enfermedades respiratorias se encuentran bajo un trabajo mayor debido a la carga mecánica aumentada por la limitación del flujo aéreo y a las alteraciones de la caja torácica (Orozco, Marco y Ramirez, 2010). Teniendo en cuenta esto cabe anotar que los cambios musculares se pueden dividir en dos grupos:

2.1.1 Cambios deletéreos: se evidencian cambios en la estructura celular que son proporcionales a la gravedad de la enfermedad o de las condiciones concomitantes del paciente, tales como la edad, la condición física o el estado nutricional. Este deterioro se ve reflejado en la pérdida de fuerza y resistencia muscular, y en la aparición temprana de la fatiga.

2.1.2 Cambios adaptativos: se evidencian en la sobrecarga mecánica que impone la condición del sujeto, tales como alteraciones posturales o deformaciones articulares y/o de estructuras óseas, alterando tanto la longitud de las fibras musculares, como los vectores de fuerza durante la contracción, haciéndolos menos efectivos con un mayor costo energético para realizar su función.

A nivel de los músculos respiratorios en la mayoría de los casos estas adaptaciones logran un equilibrio que permite al sujeto mantener una función

respiratoria suficientemente efectiva para suplir sus demandas de oxigenación y ventilación, sin embargo, este equilibrio puede verse fácilmente alterado por incrementos adicionales en cuanto a carga mecánica o alteraciones metabólicas sin asociarse de forma consistente con situaciones extremas; el ejercicio moderado, la exacerbación de una condición clínica de base, alteraciones intrínsecas y/o extrínsecas pueden generar aumento del trabajo respiratorio, mayor facilidad para presentar fatiga, disnea y aumentar el riesgo de falla ventilatoria.

En general, existen pocos estudios que comparen los efectos del entrenamiento muscular respiratorio en diferentes enfermedades respiratorias o torácicas y como tal no puede establecerse que el entrenamiento pueda aplicarse de forma indiscriminada. Desde la parte teórica y práctica se asume que el entrenamiento de los músculos respiratorios espiratorios presenta una mejoría de las condiciones propias de patologías obstructivas como el EPOC, pero no puede hacerse una traslación a otras patologías, por lo cual se hace necesario realizar la identificación de cuales herramientas proveen mayores beneficios de acuerdo a las condiciones de cada paciente. Ahora bien, en pacientes bajo requerimiento de soporte ventilatorio hay que tener en cuenta tanto la condición que derivó en la necesidad de este soporte, si la alteración es intrínseca o extrínseca, y cómo todas las condiciones bajo las que se encuentra éste afectan la fuerza y la resistencia muscular respiratoria. (Orozco, Marco y Ramirez, 2010).

En el estudio de (Burgomaster, 2005) demuestran que un plan de ejercicios general durante dos semanas con 6 cargas diarias podía mejorar la capacidad de resistencia, evaluada a partir de una prueba a carga constante logrando el requerimiento de un metabolismo aeróbico. Dicho entrenamiento tenía como característica una duración por sesión de 15 minutos con carga muy intensa. A partir de esto pudieron concluir que a una mayor carga inspiratoria, se evidencia una mayor mejoría en la función muscular

respiratoria. Sumado a esto, en el estudio de (Hill, 2006) demostraron que el entrenamiento de músculos respiratorios inspiratorios de alta intensidad lograba una mayor mejoría en la función muscular inspiratoria en pacientes con EPOC, reduciendo de forma significativa las sensaciones de disnea y fatiga. En ventilación mecánica se ha demostrado además que el entrenamiento de corta duración y alta intensidad es seguro y produce mejoría comparable de fuerza y resistencia de los músculos respiratorios que programas que contemplen tiempos más largos.

Uno de los puntos sobre los cuales se debe enfatizar es la forma de evaluación y monitoreo del entrenamiento muscular respiratorio para evidenciar los efectos positivos y/o negativos de este. Uno de los inconvenientes de las investigaciones en pacientes con limitación ventilatoria es el querer evaluar los efectos de un entrenamiento específico respiratorio a nivel sistémico. La literatura evidencia que en el entrenamiento específico sobre función respiratoria no se presenta efecto de transferencia sobre otros grupos musculares. En este caso los efectos del entrenamiento muscular respiratorio se ven reflejados en la mejoría del estado de salud y la mayor tolerancia y capacidad aeróbica, aunque cabe aclarar que muchas veces dicha mejoría puede estar dada en mayor medida por la mejoría en la función multiorgánica a ser netamente muscular respiratoria, y que dichos efectos presentan similitud entre sujetos sanos y enfermos, por lo cual se hace más difícil identificar la mejoría neta muscular respiratoria (Hill, 2006)

En la actualidad existen pocos estudios que realicen las comparaciones de los efectos del entrenamiento muscular en diferentes enfermedades y alteraciones musculares respiratorias y/o torácicas y no hay claridad para identificar si el entrenamiento muscular respiratorio pueda aplicarse de forma indistinta a cualquiera de ellas. De forma teórica y práctica se acepta que la mayoría de los resultados obtenidos del entrenamiento muscular en pacientes con EPOC puede traspolarse a otras patologías respiratorias, sin embargo esto conlleva a evidenciar controversias respecto

a indicaciones y contraindicaciones, sobre todo al tener en cuenta la fisiopatología propia del EPOC, muchas veces no similar al comportamiento de otras patologías. A pesar de ello se puede inferir que de los resultados obtenidos en entrenamiento muscular respiratorio en sujetos con EPOC y sujetos sanos es que los músculos respiratorios son capaces de adaptarse y responder a un entrenamiento específico, y que dicha adaptación se da de forma específica sobre los grupos musculares que se están trabajando, sin transferencia a otros grupos (Orozco, Marco y Ramirez, 2010).

Se evidencia además que cuando el sujeto presenta una disfunción muscular respiratoria mayor, de la misma forma se evidencian mayores beneficios, y que estos se pierden cuando se interrumpe el entrenamiento. Bajo esta situación debe tenerse en cuenta que no puede trasladarse los efectos ni beneficios del entrenamiento muscular respiratorio en pacientes con alteraciones neuromusculares ni de tipo central, sobre las cuales por la condición de base los resultados requieren de un entrenamiento y de medidas específicas.

Una gran cantidad de variables establecidas para la predicción del éxito del destete ventilatorio en pacientes bajo requerimiento de ventilación mecánica invasiva está relacionada con las cargas mecánicas respiratorias y la acción de los músculos respiratorios, en este caso, la función muscular respiratoria y el impacto del trabajo muscular sobre el sistema cardiovascular son variables predictivas de fracaso en el proceso de extubación. Hay que tener en cuenta además que el control neurológico central, la ventilación pulmonar y la demanda energética influyen sobre la capacidad del paciente en asumir su propia función respiratoria sin dependencia mecánica. Al enfocarse en el entrenamiento muscular respiratorio con una actitud postural favorable se puede lograr una adecuada o suficiente acción muscular que facilite los procesos de oxigenación – ventilación, a un costo energético menor. (Orozco, Marco y Ramirez, 2010).

Como se mencionaba anteriormente en diferentes estudios concluyen que el uso combinado de entrenamiento muscular inspiratorio y espiratorio combinado al mismo tiempo con el entrenamiento físico general aumenta significativamente la fuerza y la resistencia muscular inspiratoria. Entonces, para hacer el entrenamiento muscular general uno de los test aplicables para evaluar la fuerza muscular en pacientes que se encuentran en UCI con VM es la escala Medical Research Council (MRC). La escala MRC es validada y fácil de utilizar a nivel clínico a pie de cama que permite evaluar la fuerza muscular en 3 grupos musculares de cada extremidad superior e inferior en un rango de 0 (Parálisis) a 5 (Fuerza normal) para cada grupo muscular. El resultado final obtenido oscila entre 0 (Parálisis total) y 60 (Fuerza muscular normal en las 4 extremidades). Un valor por debajo de 48 se considera definitorio de debilidad adquirida en la UCI. Ver tabla 1. (Via y cols., 2013).

<b>Tabla 1 Escala de fuerza muscular Medical Research Council</b>	
<b>Valor para cada movimiento</b>	<b>Examen muscular</b>
<b>0</b>	Contracción no visible
<b>1</b>	Contracción muscular visible pero sin movimiento de la extremidad
<b>2</b>	Movimiento activo pero no contra gravedad
<b>3</b>	Movimiento activo contra gravedad
<b>4</b>	Movimiento activo contra gravedad y resistencia
<b>5</b>	Movimiento activo contra total resistencia

**Funciones evaluadas:**

**Extremidad superior: Extensión de muñeca, Flexión del codo, Abducción del hombro.**

**Extremidad inferior: Dorsiflexión de tobillo, extensión de rodilla, flexión de cadera.**

**Valor máximo: 60 (4 extremidades, máximo 15 puntos por cada extremidad)**

**Valor mínimo: 0 (tetraplejía).**

Fuente: Elaboración propia 2015

Teniendo en cuenta la calificación obtenida con la MRC se podrá identificar el punto de partida para iniciar la intervención por ejemplo: si el paciente puede mover los brazos contra la gravedad se puede iniciar con movilizaciones articulares pasivas en cama, ejercicios articulares activo-asistidos en cama, ejercicios articulares activos en cama combinados con cambios de posición hasta lograr el posición de sedestación durante 20min como mínimo; 2 veces al día; si el paciente puede mover las piernas contra gravedad se progresará hasta lograr la sedestación en borde de cama, las transferencias de cama a silla y la sedestación en silla durante mínimo 20min. Se debe tener en cuenta que las movilizaciones y ejercicios articulares se realizarán 3 veces al día y los cambios de posición cada 2 horas (Via y cols, 2013).

La presión de oclusión de la vía aérea se ha utilizado como un indicador del estímulo central respiratorio. Es la presión medida en la vía aérea al inicio de la inspiración durante una respiración espontánea tras haber ocluido la vía aérea justo al final de la espiración. Si la presión se considera en los primeros 100 ms de iniciada la inspiración, hablamos de la P0.1, cuyo valor normal en reposo es de 1 o 2 cm H<sub>2</sub>O. Los pacientes que no toleran la respiración espontánea tienen una P0.1 mayor que aquellos que pueden ser desconectados del ventilador. Suelen utilizarse valores de 4 o 5 cm H<sub>2</sub>O como límite para tener éxito en la prueba de desconexión; valores superiores fracasan en la prueba. Las limitaciones de esta medida hacen suponer que quizás los pacientes con poca reserva muscular, que no les permite cubrir sus demandas ventilatorias, no elevan la presión. Por ello, se ha recomendado relacionar la P0.1 con

la presión inspiratoria máxima (PIM). (Ramos y Benito, 2010).

La PIM es la maniobra más sencilla y confiable de evaluar la fuerza musculatura respiratoria y que no requiere de gran cooperación del paciente. Para esto, conectamos al paciente a un manómetro y ocluimos la vía aérea por 20 a 30 segundos, mientras el paciente está en su volumen residual (Gráfico 1) Figura que muestra la presión y el flujo en la vía aérea mientras el paciente ventila con un soporte inspiratorio de 5 cmH<sub>2</sub>O y PEEP de 3 cmH<sub>2</sub>O. Bruscamente, las válvulas inspiratoria y espiratoria son ocluidas al final de la espiración, de modo de que el paciente esté en su volumen residual. El paciente irá haciendo esfuerzos negativos tratando de gatillar el soporte inspiratorio sin conseguirlo. A los 20 a 30 segundos se alcanzará la PIM, que es un reflejo de la fuerza de la musculatura ventilatoria y de la capacidad de toser del paciente. Esta maniobra puede significar un estrés para el paciente, especialmente si éste está muy despierto y ansioso, por lo que si logramos un valor satisfactorio en los primeros diez a quince segundos, la oclusión debe liberarse. Valores de -15 a -30 cmH<sub>2</sub>O han sido sugeridos como buen predictor de destete. Sin embargo, su valor discriminativo en forma aislada no es muy bueno por cuanto no considera la carga ventilatoria del paciente. Si tenemos la posibilidad de graficar la presión de la vía aérea, la relación entre el primer esfuerzo (Pin) y el esfuerzo máximo (Pimax) después de ocluida la vía aérea, con un valor menor a 0,3, mejora el índice predictivo de esta maniobra. La medición de la capacidad vital también evalúa la fuerza de la musculatura ventilatoria, pero requiere de la colaboración del paciente y su reproducibilidad no es buena. Por ello, su valor no se relaciona bien con los otros criterios evaluados, de modo que no siempre la realizamos o consideramos en la decisión de destete (Díaz y Buggedo, 2011).

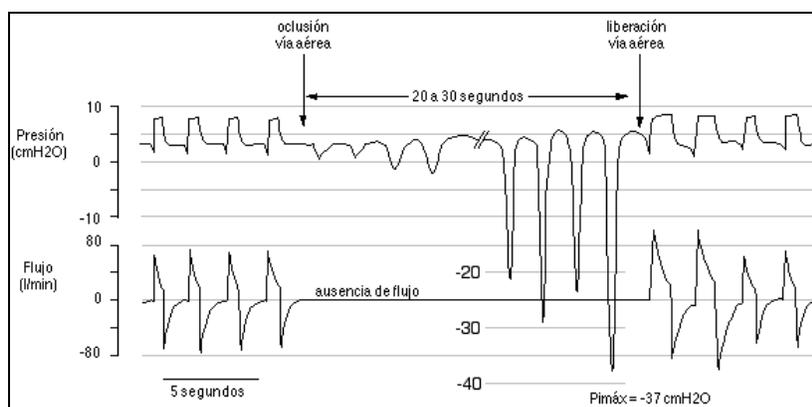


Gráfico 1. Díaz, O. (2011). Liberación del paciente de ventilación mecánica. Recuperado de <http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/MedicinaIntensiva/Liberacion.html>

La medida de la presión inspiratoria o espiratoria máxima es una prueba sencilla que permite evaluar en forma global la fuerza de los músculos respiratorios. Esta prueba mide la presión (en cm. H<sub>2</sub>O o mmHg) generada por los músculos respiratorios al realizar una maniobra inspiratoria o espiratoria forzada en contra de una vía aérea ocluida. Esta medida puede ser realizada en diferentes niveles (nariz, esófago y estómago) por medio de la introducción de sondas con balones conectadas a transductores de presión. Sin embargo la más comúnmente realizada por su carácter no invasivo es la medida de la presión en boca que se realiza con una boquilla especial y un adaptador al cual se conecta el transductor de presión. La presión inspiratoria máxima (PIM) es un índice representativo de la fuerza global de los músculos inspiratorios (diafragma e intercostales externos como los más importantes) además de un conjunto de variables como las relaciones de longitud-tensión, frecuencia de estimulación y velocidad de contracción que presentan dichos músculos. Del mismo modo la presión espiratoria máxima (PEM) es representativa de la fuerza de grupos musculares espiratorios principalmente abdominales e intercostales internos. El método más común para la medida de estas presiones es el propuesto por (Díaz y Bugedo, 2011).

Cuando se realizan esfuerzos físicos (carga de entrenamiento o competición), el organismo reacciona con una disminución de su capacidad funcional. Para (Díaz y Bugedo, 2011) "los procesos de adaptación dependen de un esfuerzo óptimo y de una fase de descanso óptima". Atendiendo a esto, tenemos que considerar que: Los estímulos han de tener una determinada duración e intensificación para provocar unas determinadas adaptaciones.

La recuperación, dependiendo de los estímulos aplicados y de la capacidad funcional del individuo, deberá tener un tiempo para que en el organismo se produzca una supercompensación. Este tiempo depende del tipo de esfuerzo o carga de entrenamiento. Así, por ejemplo, un trabajo de velocidad requiere de una recuperación de 24 horas y un mínimo de 48 horas para que se produzca una supercompensación. En un trabajo de resistencia anaeróbica, la recuperación será de 48 horas y 72 horas para su supercompensación. (Beachle y Earle, 2007).

Por lo tanto una de las estrategias para intervenir en la fuerza de resistencia de los músculos respiratorios es:

El paciente debe realizar la prueba en posición sedente o semifowler. Para la medida de la PIM si el paciente es consciente solicítele que exhale suave pero completamente (con el fin de llegar a volumen residual VR) y que luego inhale tan fuerte y rápido como le sea posible. Anime al paciente para que lo haga con toda la fuerza posible. Obtenga tres intentos seleccionando el más alto correlacionándolo con el 100% de la Pim Max del paciente. Permita que el paciente descanse de 30-60 segundos entre un intento y otro. Se utilizara como valores de referencia los propuestos por (Díaz y Bugedo, 2011). Ver (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuaciones de referencia de (Díaz y Buggedo, 2011).		
PIM cmH <sub>2</sub> O	Mujer	104-(0.51 x edad)
	Hombre	143-(0.55 x edad)

Fuente: Elaboración propia 2015

En la interpretación debe tenerse en cuenta los porcentajes de los valores medidos con relación a las ecuaciones de referencia, considerándose normal las medidas > 80% del valor predicho, con el fin de individualizar los Fundación Neumológica Colombiana resultados por género y edad. También se han propuesto límites de normalidad como valor absoluto para la PIM medida a VR de 75cm H<sub>2</sub>O para hombres y 50cm H<sub>2</sub>O para mujeres. (Fundación neumológica colombiana, 2012).

En la literatura médica mundial no existen programas estandarizados de entrenamiento muscular. El único criterio establecido en forma general es que el programa de entrenamiento debe tener en cuenta los 3 principios fisiológicos: intensidad, especificidad y reversibilidad. El principio de intensidad establece que solamente el ejercicio con una carga por encima de la basal es capaz de inducir un efecto de entrenamiento. La intensidad del entrenamiento aerobio se programa en personas sanas llevando la frecuencia cardiaca al 60-90% de la frecuencia cardiaca máxima predicha (220 menos la edad en años) o llevando el consumo de oxígeno al 50-80 % del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max). Dicho nivel de ejercicio debe ser sostenido por 20 a 45 min 3 veces a la semana. Un entrenamiento con esta intensidad (la cual está lejos del umbral anaerobio) logra adaptaciones fisiológicas en los músculos periféricos y mejoría de la función cardiaca en los sujetos sanos incrementando la resistencia al ejercicio. Principio de especificidad. De acuerdo con este principio únicamente se presenta mejoría en el grupo muscular con el cual se está

practicando el ejercicio. Principio de reversibilidad. El efecto de condicionamiento debe ser reversible, transitorio, de manera que una vez suspendido el estímulo los cambios adaptativos regresen a su estado inicial (Acosta, 2005).

En otro estudio se observaron los efectos de las cargas en el abdomen con el objeto de producir entrenamiento del diafragma, ya que estos no han sido suficientemente evaluados. Estudiaron la función del diafragma durante la colocación de cargas sobre el abdomen y con cambios en el patrón respiratorio. Se estudiaron 6 voluntarios normales. Se obtuvo flujo en la boca, presión gástrica (Pga), presión esofágica (Pes), movimiento torácico (TX) y abdominal (AB), presión inspiratoria máxima (PIM) y presión transdiafragmática media (Pdi) y máxima (Pdimax). Se calculó la relación Pdi/Pdimax y el índice tensión-tiempo del diafragma (TTdi). Etapas: patrón normal (PN), patrón abdominal (PA) y carga de 1, 2, 4 y 6 kg con PN y PA. El PA fue facilitado por las cargas sobre el abdomen. Solo con 6 kg (PN y PA) la Pga a capacidad residual funcional aumentó significativamente ( $p < 0.001$ ). La Pdi siguió a las variaciones de la Pga y aumentó con todos los PA ( $p < 0.001$ ). Con PA y carga el índice TTdi alcanzó un valor de  $0.05 \pm 0.02$  ( $p < 0.001$ ). Las cargas no aumentaron este índice más de lo que hizo el PA solo. Los hallazgos sugieren que las cargas sobre el abdomen aumentan la propiocepción relacionada con los movimientos respiratorios y descenso del diafragma. Las cargas producen cambios leves en la mecánica del diafragma (en sujetos normales, 1/3 de la carga necesaria para desarrollar fatiga). En sujetos normales estos cambios parecen ser insuficientes para producir entrenamiento de los músculos respiratorios (Monteiro, Pessolano, Suárez y Vito, 2012). Por lo tanto se concluye que las cargas extrínsecas deben ser mayores a 6Kg en pacientes sanos pero se desconoce el peso exacto para pacientes críticos, adicionalmente no basta solo con implementar en los entrenamientos una carga que aumente progresivamente ya que no se van a observar cambios fisiológicos significativos sino que también se debe tener en cuenta los tiempos implementados para generar cambios estructurales y funcionales en la musculatura respiratoria. Adicionalmente se debe tener en cuenta el

reflejo metabólico respiratorio como lo menciona el estudio de (González, Pardal, Fernández, Arnedillo, costa y Gómez, 2012) ya que se produce como consecuencia de los músculos respiratorios (MR) ante un esfuerzo intenso y mantenido, respondiendo el sistema simpático con una vasoconstricción, disminuyendo el flujo sanguíneo y haciendo una redistribución sin comprometer la demanda energética de los MR. Durante ejercicios intensos, se ha estimado que los MR pueden llegar a utilizar un 16% del gasto cardiaco y junto a (McConnell y Lomax, 2006) resaltan la importancia de cómo un adecuado protocolo de entrenamiento de los MR puede producir una mejora en la tolerancia a la fatiga y mayor eficiencia respiratoria, lo que podría retrasar el reflejo metabólico respiratorio. Adicionalmente se debe tener en cuenta los principales factores respiratorios limitantes del rendimiento físico de alta intensidad los cuales son: a) limitaciones de la mecánica pulmonar, b) limitación de la difusión pulmonar, c) reflejo metabólico respiratorio y d) fatiga muscular respiratoria. Los dos últimos factores se consideran fundamentales en cuanto a su relación con el entrenamiento de la musculatura respiratoria (Lopez y Fernández, 2001). El diafragma del cuerpo humano es considerado como un músculo con buena capacidad oxidativa, sin embargo, después de ejercicios de resistencia aeróbica prolongados se ha observado un agotamiento de las reservas de glucógeno tanto en diafragma como en los intercostales, lo que implica la posibilidad de que los MR puedan fatigarse por depleción de sustratos en este tipo de ejercicio. En este sentido se muestra que esta capacidad oxidativa puede ser mejorada mediante cargas de resistencia durante la inspiración (González y cols., 2012). Por otro lado, se ha descubierto que el entrenamiento de los MR provoca una mejora en la cinética de aclaración del lactato y un descenso en las sensaciones de percepción del esfuerzo, tanto respiratorio como locomotor según (Brown, Sharpe y Johnson, 2010).

## 2.2 Marco Conceptual

**2.2.1 Fuerza Muscular:** Fuerza generada por actividad bioquímica, o el estiramiento de tejido no contráctil, que tiende a acercar entre sí los extremos opuestos de un músculo (Beachle y Earle, 2007).

**2.2.2 Ventilación:** Es el proceso fisiológico mediante el cual se realiza el intercambio gaseoso entre el medio externo y los espacios alveolares, el cual involucra una serie de determinantes mecánicos tanto estáticos (distensibilidad, elastancia y propiedades mecánicas pulmonares) como dinámicos (flujo, cambios cíclicos de volúmenes y presiones) e implica la generación de diferentes niveles de trabajo respiratorio. (Sprague y Hopkins, 2003).

**2.2.3 Ventilación Mecánica:** Es un sistema de soporte vital cuya eficacia está claramente establecida. Su utilidad radica en que es capaz de mantener la ventilación alveolar cuando el paciente no puede sostenerla por más tiempo, es decir, cuando aparece insuficiencia respiratoria. Tal desequilibrio es cualitativamente similar, tanto si es debido a que los pulmones pierden deformabilidad (como en el edema pulmonar o la fibrosis pulmonar) como si es debido a un aumento de los requerimientos ventilatorios (Por incremento de la producción de CO<sub>2</sub> o por empeoramiento del espacio muerto) u ocasionado por debilidad muscular (Net Castel y Benito Vales, 2000).

**2.2.4 Fuerza de Resistencia:** Es la capacidad para mantener la disminución de la intensidad de los impulsos de fuerza lo más escasa posible ante un número determinado de repeticiones de éstos en un periodo de tiempo establecido (Dietrich, Klaus y Klaus, 2007).

**2.2.5 Fuerza Máxima:** Es la mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular puede aplicar ante una resistencia dada. Dicha manifestación de fuerza puede ser estática (fuerza máxima estática), cuando la resistencia a vencer es insuperable; o dinámica (fuerza máxima dinámica), si existe desplazamiento de dicha resistencia (Dietrich, Klaus y Klaus, 2007).

**2.2.6 Destete Ventilatorio:** Es la retirada de la ventilación mecánica para volver a establecer la respiración espontánea. Se considera que un destete ventilatorio es

exitoso cuando el paciente puede respirar por su cuenta por lo menos 48 horas (Sprague y Hopkins, 2003). El destete normalmente comprende el 40-50% de la duración total de la ventilación mecánica y casi el 70% de los pacientes que se encuentran en cuidados intensivos obtienen un destete sin dificultad en el primer intento (Boles y cols., 2007).

**2.2.7 Paciente Crítico:** Paciente en riesgo momentáneo o continuo de perder la vida o deterioro importante de la calidad de vida por una condición específica, configurando un estado de gravedad persistente que requiere monitorización y tratamiento continuado. (Boles y cols., 2007).

### 3. MARCO METODOLÓGICO

**3.1 Tipo de estudio:** Revisión sistemática

**3.2 Población:** Hombres y mujeres mayores de 18 años de edad.

**3.3 Procedimientos:**

	Mayo Junio Julio 2014	Agosto- Diciembre 2014	Enero- Mayo 2015	Junio - Septiembr e 2015	Octubre - Noviembre 2015
--	--------------------------------	------------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

Elaboración de la introducción, Justificación, delimitación del problema, objetivos.					
Descripción de la metodología a implementar y elaboración del marco teórico.					
Búsqueda de artículos según la metodología establecida					
Clasificación de la información encontrada y análisis de la misma					
Diseño de artículo					
Elaboración de la discusión y las conclusiones.					

Entrega de informe final a la coordinación de investigadores					
Ajuste de correcciones finales del proyecto					
Sustentación del Trabajo de Grado					

**3.4 Técnicas para la recolección de la información:** Artículos de 5 bases de datos electrónicas: PUBMED, SCIENCE DIRECT, SCIELO, MEDLINE y EBSCO HOST. HOST. Se utilizaron términos clave o MeSH y ecuaciones de búsqueda en inglés, español y portugués, que estuvieran publicados entre Enero de 2000 y Septiembre de 2015. Posteriormente se diseñó una matriz bibliométrica de análisis donde se registraron las características de cada uno de los artículos, dentro de estos criterios se incluyeron en la matriz el número de artículos, base de datos, título original, título traducido, autor, año, idioma, población, ubicación geográfica por continentes, tipo de estudio, grado de evidencia, aspectos a resaltar del artículo, resumen de los artículos y unas dimensiones de análisis para la inclusión o exclusión de los artículos encontrados como sesiones/ día y duración, grupos musculares, días de intervención, volumen – haciendo referencia a Series y repeticiones, e intensidad.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos en las bases de datos PUBMED, SCIENCE DIRECT, SCIELO, MEDLINE y EBSCO HOST. A partir de la lectura de los títulos y resúmenes, se seleccionaron los artículos que en principio cumplían los criterios de inclusión, quedando un total de 100 artículos. De estos últimos se obtuvo el documento completo para su posterior lectura y verificación del cumplimiento de las dimensiones de análisis, seleccionado finalmente 50 artículos en total. (Ver tabla 3).

**Tabla 3.** Categorías de revisión

<b>BASES DE DATOS</b>	<b>INCLUIDOS</b>	<b>EXCLUIDOS</b>
EBSCO HOST	7	5
PUBMED	14	6
MEDLINE	4	10
SCIENCE DIRECT	9	13
SCIELO	8	5
OTRAS	8	11
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia (2015)

Se aprecia que las bases de datos en donde se encontró una mayor cantidad de artículos fueron Pubmed con un 28%, seguida de science Direct con un 18%.

Adicionalmente se identificó un incremento de las investigaciones desde el año 2000 al 2015, observándose que los años en los que más se encontraron artículos fueron recientemente del 2011-2015 obteniendo 31 de los 50 artículos, teniendo mayor

predominancia en el año 2012 y 2014 con 8 y 10 artículos respectivamente. Ver Tabla 4. Y el idioma en que más se publicaron los artículos es en inglés obteniendo 30 artículos de los 50 seleccionados. Ver Tabla 5. Este dato se correlaciona con la ubicación geográfica donde se identifica que de los 50 artículos 28 corresponden América, seguido de Oceanía con 8 artículos. Ver Tabla 6.

**Tabla 4.** Año de publicación

2000-2005	2006-2010	2011-2015
9	10	31

Fuente: Elaboración propia (2015)

**Tabla 5.** Idioma de publicación

Español	Portugués	Inglés
12	8	30

Fuente: Elaboración propia (2015)

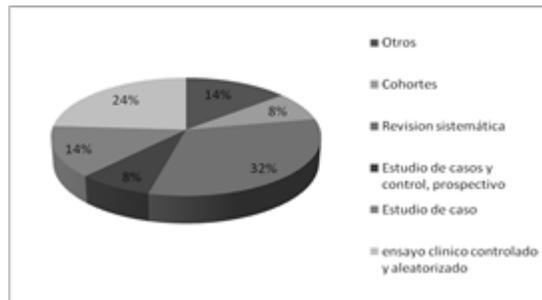
**Tabla 6.** Ubicación geográfica

América	Europa	Oceanía	Asia	África
28	6	8	5	3

Fuente: Elaboración propia (2015)

Por otra parte, se aprecia que de los artículos incluidos, el 32% equivale a revisiones sistemáticas, seguido del 24% con ensayos clínicos controlados y aleatorizados y el 14% con estudio de caso principalmente junto a otros estudios. Ver gráfico 2.

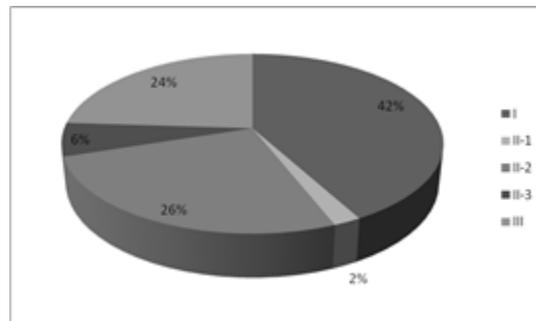
**Gráfico 2.** Tipo de estudio



Fuente: Elaboración propia (2015)

Estos estudios fueron analizados y clasificados según la escala de U.S. Preventive Services Task Force (USPSTF), por medio de ella se identificó que de la literatura científica recopilada el 42% equivale al nivel de evidencia I, seguido del 26% nivel II-2 y el 24% nivel III basados en el autor (Primo, 2003). Gráfico 3.

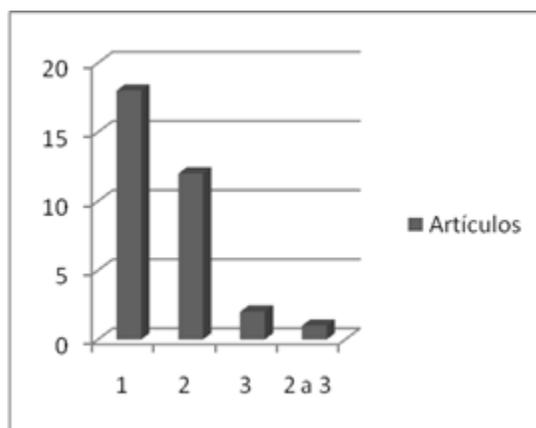
**Gráfico 3.** Nivel de evidencia



Fuente: Elaboración propia (2015)

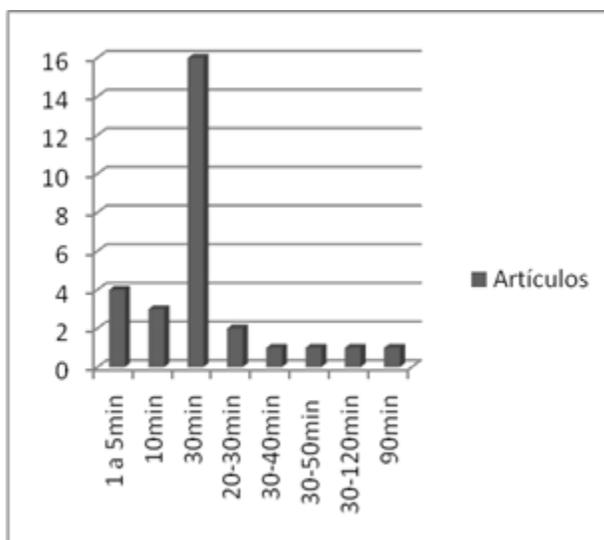
En cuanto a las dimensiones de análisis realizadas se obtuvo el 66% sugiere sesiones diarias de los cuales el 60% proponen entre 1 y 2 sesiones/día. Gráfico 4. Por otra parte el 58% incluyen duración de cada sesión y entre ellos el 38% indican una duración de las sesiones entre 10 a 30min. Gráfico 5. Y solo el 6% menciona 3 a 6 sesiones por semana. Gráfico 6.

**Gráfico 4.** Sesiones día



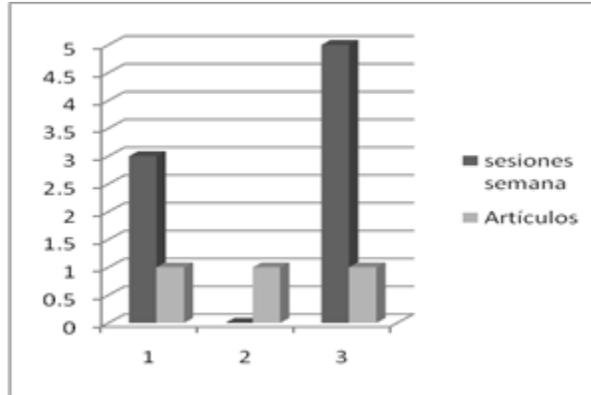
Fuente: Elaboración propia (2015)

**Gráfico 5.** Duración de la sesión



Fuente: Elaboración propia (2015)

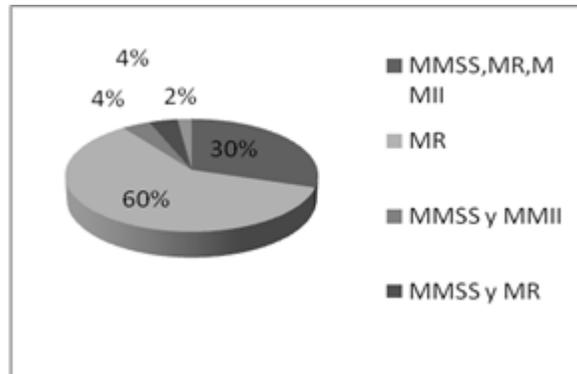
**Gráfico 6.** Sesiones por semana



Fuente: Elaboración propia (2015)

Otra de las dimensiones de análisis corresponde al entrenamiento de diferentes grupos musculares los cuales se clasificaron por segmentos corporales: miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII) y músculos respiratorios (MR) y se identificó que el 60% se enfoca en un entrenamiento de MR, seguido de un 30% enfocando su intervención en MMSS, MMII y MR. Tan solo un 8% se enfatiza en 2 segmentos corporales MMSS y MII ó MMSS y MR y finalmente solo un 2% incluye una intervención con MMSS, MR y cuello.

**Gráfico 7.** Grupos musculares



Fuente: Elaboración propia (2015)

Adicionalmente se identificó que los días de intervención son sugeridos por el 54% de los artículos, de los cuales el 22% sugieren 7 días de intervención o hasta completar el destete ventilatorio. Seguido del 12% donde sugieren 3 a 5 días de intervención. Ver tabla 7.

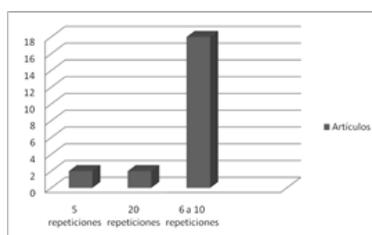
**Tabla 7.** Días de intervención

DÍAS DE INTERVENCIÓN	ARTÍCULOS	PORCENTAJE
3 a 5	6	12%
6	4	8%
7	11	22%
10 a 15	2	4%
60	4	8%

Fuente: Elaboración propia (2015)

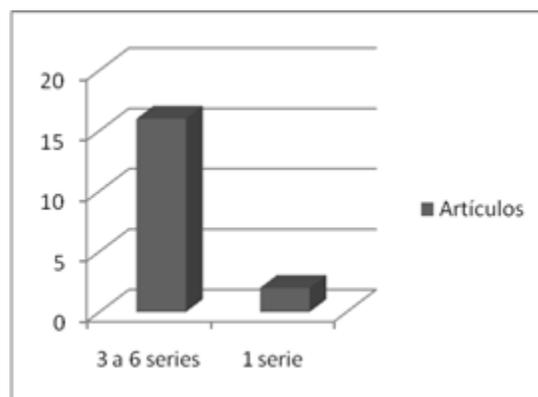
Posteriormente se analizó la dimensión del volumen teniendo en cuenta las repeticiones y series, en donde se encontró que 26 artículos no incluyeron dicha variable y 24 si la incluyeron; de los cuales 18 artículos recomiendan realizar de 6 a 10 repeticiones. Gráfico 8. Y 16 artículos recomiendan de 3 a 6 series. Gráfico 9.

**Gráfico 8.** Volumen repeticiones



Fuente: Elaboración propia (2015)

**Gráfico 9.** Volumen series



Fuente: Elaboración propia (2015)

En cuanto a la intensidad, 22 artículos no la incluyen y 28 si la incluyen, de esos que sí la incluyen se destacan 11 donde recomiendan iniciar la intervención en el entrenamiento de músculos respiratorios por medio de la ventilación mecánica invasiva con el 20%-30% de la PIM (Presión inspiratoria máxima), 8 del 40- 50% como valor máximo de la PIM y de entrenamiento, 4 artículos recomiendan trabajar con 60-80% de la Fc máxima, utilizando la fórmula de Tanaka. Solo 3 artículos utilizaron cargas externas sobre los músculos respiratorios de 2 a 6Kg de peso. Y finalmente solo 2 artículos tuvieron en cuenta de 2 a 5 METS como intensidad de trabajo con la siguiente formula:  $Kcal_{min} = MET \times 3.5 \times \text{peso corporal (Kg. peso)} / 200$ . En hipermetabolismo que se inicia a las 24 horas siguientes si el paciente tolera la nutrición con actividades aeróbicas no mayores de 2.5 Kcal/ min. En la fase anabólica aumenta el gasto calórico entre 2.5 a 3.5 Kcal/ min. Los valores de actividad física se estiman en hombres y mujeres respectivamente con valores de 1.5 y 1.3 para actividad muy liviana, 2.9 y 2.6 para actividad liviana, 4.3 y 4.1 para actividad moderadas y 8.4 y 8.0 para actividad muy pesada que en el caso del paciente crítico no se utiliza por ineffectividad (Mondragón, Estrada y Cadavid, 2014). Ver Tabla 8.

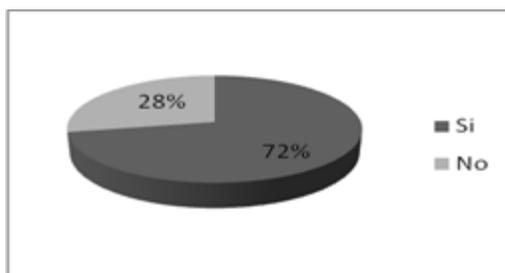
**Tabla 8.** Intensidad de trabajo

INTENSIDAD	UNIDAD	ARTÍCULOS
% DE FC	60-80%	4
CARGA: KG	2 a 6	3
PIM	20% -30%	11
	40%-50%	8
METS	2 a 5	2

Fuente: Elaboración propia (2015)

Finalmente la última dimensión analizada fueron los pacientes en los cuales se realizó la intervención con ventilación mecánica invasiva teniendo un mayor porcentaje 72% con respecto a los que se realizó la intervención en paciente sin ventilación mecánica 28%. Gráfico 10.

**Gráfico 10.** Ventilación mecánica invasiva



Fuente: Elaboración propia (2015)

Otros artículos incluyen dimensiones de análisis como Fuerza según escala de Daniel's 3/5, pico flujo espiratorio (PEF), volumen corriente (VC), capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), Frecuencia respiratoria (FR), volumen espontáneo (VE), tiempo inspiratorio (Ti), escala de la Medical Research Council 4/5, sensibilidad con presiones de -2 a -20cmH<sub>2</sub>O,

Combinación de cualidades: 70% resistencia, 20% coordinación y 10% fuerza, presión de soporte ajustándola a un nivel suficiente para lograr una frecuencia respiratoria de 20 a 30 respiraciones por minuto y el volumen tidal de 4-6 ml / kg. La presión soporte se redujo en 2 cm H<sub>2</sub>O cada hora hasta llegar a una presión de soporte de 8 cm H<sub>2</sub>O, cambio de posición y traslados de silla a cama, pero éstos no fueron estadísticamente significativos en el análisis de dimensiones.

#### 4.1 Discusión y conclusiones

La disfunción muscular respiratoria se asocia con el destete prolongado y difícil de la ventilación mecánica. Esta disfunción en pacientes dependientes del ventilador es multifactorial: la debilidad muscular inspiratoria se explica en parte por la atrofia por desuso secundaria a la ventilación, y la presión espiratoria final positiva puede reducir aún más la fuerza muscular desplazando negativamente la curva longitud-tensión del diafragma. La presencia de polineuropatía también contribuye a la presencia de debilidad muscular en los pacientes que se encuentran en estancia prolongada en UCI. Por otra parte, las influencias psicológicas, como la ansiedad, pueden contribuir a la dificultad en el destete ventilatorio.

A pesar que la mayoría de los artículos revisados indican que el entrenamiento muscular inspiratorio evidencia efectos positivos en cuanto a fuerza muscular, mayor éxito en el destete ventilatorio y menor cantidad de días de estancia en UCI, varios identifican la necesidad de realizar estudios con poblaciones más homogéneas o con un número mayor. En el caso del estudio de (Santos,A., 2001) encuentra resultados similares según la literatura en cuanto a mejoría en parámetros de fuerza muscular inspiratoria, parámetros de oxigenación y ventilación, pero presenta el problema de solo tener una paciente durante el estudio, caso contrario al estudio realizado por (Moodie, 2011) quien a pesar de contar con una población de 150 pacientes de 3 estudios diferentes, refiere que no puede hacerse una asociación entre la mejoría de la

fuerza muscular respiratoria con el tiempo de duración de ventilación mecánica, mejoría del tiempo de destete o tasa de supervivencia, aunque indica que si se puede identificar un aumento significativo en la fuerza de resistencia de los músculos respiratorios inspiratorios. Sin embargo, en el estudio realizado por (Caruso, 2005) indica que no hay un aumento significativo a nivel de fuerza muscular respiratoria con la realización de un entrenamiento muscular respiratorio durante el tiempo bajo ventilación mecánica invasiva, conclusión a la que también llega (Condessa, 2013). La duración de cada sesión de entrenamiento muscular respiratorio, depende de acuerdo al tipo de entrenamiento realizado: (Cader, 2010) toma como referencia un tiempo de duración de 5 minutos por sesión, en el cual se aumenta la sensibilidad del ventilador tomando como base la presión inspiratoria máxima. (Elbouhy, AbdelHalim y Hashem, 2014). También toman en cuenta el aumento de la sensibilidad del ventilador de acuerdo a la medición inicial de la presión inspiratoria negativa o máxima inicial de los pacientes dentro del estudio. (Martin, 2011). Toma en cuenta la presión inspiratoria máxima para trabajar con dispositivos de tipo umbral y aumentan gradualmente la resistencia, evidenciando resultados positivos en cuanto a ganancia de la fuerza muscular inspiratoria a partir del seguimiento de la presión inspiratoria máxima. En contraparte, (Acosta, 2005; Mora, 2008; Chang, 2005; Charry, 2013) identificaron tiempos de duración de cada sesión aproximadamente de 30 a 60 minutos, asociados al entrenamiento muscular respiratorio a partir del entrenamiento de miembros superiores, a músculos del cuello, al entrenamiento muscular general y a cambios de posición. La cantidad de sesiones estuvo relacionada al tiempo de duración de cada sesión, siendo en la mayoría de 2 sesiones al día, con excepción de (Gastaldi, 2008) quien plantea en su estudio una cantidad de 3 sesiones por día, considerando el entrenamiento muscular respiratorio y de miembros superiores e inferiores en cada sesión. Los días de intervención en los artículos revisados dependieron del tiempo de requerimiento de ventilación mecánica, considerando finalizada la intervención en el momento de la extubación exitosa, y en su mayoría no refieren un tiempo establecido para realizar las mediciones de los datos recolectados, sin embargo, toman como referencia la cantidad de días/semana en los que se realiza el entrenamiento muscular,

con una constante entre 5 a 7 días a la semana. (Gastaldi, 2008) indica un tiempo total del entrenamiento de 10 a 15 días, evidenciando mejoría en los valores de presión inspiratoria y espiratoria máximas del grupo de entrenamiento a partir del tercer día en comparación con el grupo control. (Acosta & Serón, 2005) toman como referencia 60 días de entrenamiento muscular, realizando un seguimiento a los participantes durante el tiempo, evidenciando mejoría en los parámetros de fuerza muscular respiratoria progresiva en ambos casos. Esto concuerda con los resultados obtenidos con (Martin, 2002) quien refiere que los cambios en los valores de presión inspiratoria máxima aumentan progresivamente y desde los primeros días asociados inicialmente a adaptaciones neuronales, en lugar de la adaptación generada por la hipertrofia muscular.

El número de repeticiones y series fue dependiente del tipo de entrenamiento propuesto y de la carga impuesta. (Pires, 2000) realiza 5 series de 10 repeticiones cada una tomando como referencia el aumento de la sensibilidad del ventilador con respecto a la presión inspiratoria máxima inicial de cada paciente, tomando como punto inicial el 40% de esta para iniciar el entrenamiento. De forma similar (Martin, 2002) prescribe 4 series de 6 respiraciones en cada sesión, realizando el entrenamiento muscular por el aumento de la carga del dispositivo de tipo umbral, (Gastaldi, 2008) indica un total de 20 repeticiones por ejercicio, teniendo en cuenta que aplica entrenamiento muscular respiratorio y de miembros superiores e inferiores, (Chen, 2011) indica un promedio por sesión de 20 minutos entre los cuales se encuentran los cambios de posición y el paso a sedente a tolerancia del paciente a partir del control de signos vitales durante la sesión.

La intensidad fue medida en función al tipo de entrenamiento realizado propuesto en cada artículo: (Pires, 2000) toma como medida inicial el aumento de la sensibilidad del ventilador al 40% del valor obtenido de la presión inspiratoria máxima, valor de

referencia con el que también realizan el entrenamiento muscular inspiratorio (Ritzel Dos Santos, 2000; Serón, 2005; Sprague, 2003) indica el inicio del entrenamiento con un valor del 50% de la presión inspiratoria máxima, mientras que (Cader, 2010) indica la intensidad de entrenamiento iniciando con el 30% de la presión inspiratoria máxima aumentando 10% por día, (Moodie, 2011) sin embargo, inicia el entrenamiento con el 20% de la presión inspiratoria máxima, aumentando la intensidad a tolerancia. Independientemente de la intensidad inicial usada, todos los estudios presentaron resultados similares en cuanto a aumento de la fuerza de resistencia muscular inspiratoria.

(Acosta, 2005) toma como referencia el 40% de la presión inspiratoria máxima, aunque añade el entrenamiento muscular generalizado con un porcentaje de 60-80% de la frecuencia cardiaca máxima, de igual forma (Mora, 2008; Yen Huey-Chen, 2012) indican el entrenamiento realizado con porcentajes similares. Sin embargo, la evidencia de cambios positivos fueron dados posterior a varias semanas de entrenamiento constante y apenas presentaron significancia estadística en tiempos de estancia en UCI o en días de requerimiento de ventilación mecánica.

Independientemente del requerimiento de soporte ventilatorio, se evidencia la importancia de la intervención fisioterapéutica en términos de mejoría de la capacidad cardiopulmonar, días de estancia en la UCI, estancia hospitalaria, y reducir la morbilidad y mortalidad asociadas. (Acosta, 2005) refiere que la mayoría de programas actuales siguen los criterios de especificidad, intensidad y reversibilidad; (Mora, 2008) hace énfasis en los mismos criterios, aunque añade que el éxito del entrenamiento depende de factores como la edad o el entrenamiento previo. (Durán, 2009) por su parte indica que el entrenamiento muscular de miembros superiores e inferiores influye en la fuerza muscular inspiratoria, generando el aumento paralelo de la resistencia muscular respiratoria, facilitando la identificación del momento en el cual

finalizar el entrenamiento muscular. Sin embargo, se evidencia la necesidad de estandarización de programas de entrenamiento muscular.

## Conclusiones

El entrenamiento muscular respiratorio, desde el ingreso a la unidad de cuidados intensivos, evidencia mejoría en parámetros de fuerza muscular respiratoria, mejoría en parámetros ventilatorios y de oxigenación tanto en pacientes quienes requieren de soporte ventilatorio, durante y después del destete. Las diferentes técnicas y herramientas utilizadas pueden generar beneficios a corto, mediano y largo plazo, disminuyendo así el tiempo de estancia en la UCI y días de hospitalización, además, facilitan la rehabilitación de los pacientes hospitalizados, disminuyendo los costos hospitalarios.

El entrenamiento muscular respiratorio con aumento de la sensibilidad o con válvulas de tipo umbral favorecen el destete precoz de la ventilación mecánica, además de disminuir el fracaso en la extubación, y a pesar de evidenciar resultados favorables a corto tiempo, deben ser acompañados de entrenamiento físico y reacondicionamiento de la capacidad aeróbica, facilitando una rehabilitación integral adecuada, favoreciendo un menor tiempo de hospitalización.

Sin embargo, y a pesar que cada estrategia de entrenamiento evidencia resultados positivos en cuanto a mejoría de fuerza de resistencia muscular respiratoria, hace falta la estandarización de los programas de entrenamiento, en base a los criterios de especificidad, intensidad y reversibilidad, teniendo en cuenta variables de edad, condición física al ingreso a la unidad de cuidados intensivos, con el fin de

garantizar una mayor tasa de éxito del entrenamiento, además de la aplicabilidad a cualquier tipo de paciente dentro de la unidad de cuidados intensivos.

#### 4.2 Referencias

1. Acosta, T. B., Díaz, P. A., Alonso, O. V., Lara, A. J., Bueno, Y. L., & Hernández, S. (2005). Entrenamiento de los músculos respiratorios. (Spanish). *Revista Cubana De Medicina Militar*, 34(1), 1-5.
2. Ayllón Garrido, N., Rodríguez Borrajo, M. j., Sotelo Paredes, G., & Latorre García, P. M. (2009). Extubaciones no programadas en pacientes sometidos a fase de destete en cuidados intensivos: incidencia y factores de riesgo. *Enfermería clínica*, 19 (4).
3. Beachle, T. R., Earle, R. W. (2007). Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Buenos aires, Madrid: Panamericana.
4. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Melot C, Pearl R et al (2007) Weaning from mechanical ventilation. Statement of the Sixth International Consensus Conference on Intensive Care Medicine. *European Respiratory Journal* 29: 1033– 1056.
5. Brown PI, Sharpe GR, Johnson MA. (2010). Loading of trained inspiratory muscles speeds lactate recovery kinetics. *Med Sei Sports Exere*:42:1103-12.
6. Burgomaster, H. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *journal of applied physiology*.
7. Cader, S. A., Gomes de Souza Vale, R., Correa Castro, J., Correa Bacelar, S., Biehl, C., Vega Gomes, M. C., . . . Martin Dantas, E. H. (2010). Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assiste weaning

- in older intubated patients: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*, 171-177.
8. Caruso, P., Denari, S. D., Ruiz, S. A., Bernal, K. G., Manfrin, G. M., Friedrich, C., & Deheinzelin, D. (2005). Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clinics, Sao Paulo*, 479-484.
  9. Castro A., Cortopassi F., Russell, S., Bouscoulet L., Kümpel C. (2012). Respiratory Muscle Assessment in Predicting Extubation Outcome in Patients. *Archivos de Bronconeumonia*, 48(8), 274-279.
  10. Chang, A. T., Boots, R. J., Brown, M. G., Paratz, J., & Hodges, P. W. (2005). Reduced inspiratory muscle endurance following successful weaning from prolonged mechanical ventilation. *Chest*, 553-559.
  11. Charry Segura, D., Lozano Martínez, V., Rodríguez Herrera, Y., Rodríguez Medina, C., Mogollón M, P. (2013). Movilización temprana, duración de la ventilación mecánica y estancia en cuidados intensivos. Recuperado el 27 de 06 de 2015, de [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co):  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v61n4/v61n4a6.pdf>
  12. Condessa. R, B. J. (2013). Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomised trial. *Journal of physiotherapy*, 59, 101-107.
  13. Crowe, J., Reid, W., Geddes, E., O'Brien, K., Brooks, D. (2005). Inspiratory muscle training compared with other rehabilitation interventions in adults with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic literature review and meta-analysis. *COPD*, 319 -329.
  14. Daniels, L., Worthingham, C. (2003). Técnicas de balance muscular. Madrid: Saunders-Elsevier.
  15. Díaz, M., Ospina Tascón, G., Salazar, C. (2014). Respiratory Muscle Dysfunction: A Multicausal Entity in the Critically Ill Patient Undergoing

- Mechanical Ventilation. *Archivos de bronconeumologia*, 50(2), 73-77.
16. Díaz, O., Bugedo T. (2011). Recuperado el 5 de Junio de 2015, de Liberación del Paciente de Ventilación Mecánica:  
<http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/MedicinaIntensiva/Liberacion.html>
17. Dietrich, M., Klaus, C., Klaus L. (2007). Manual de metodología del entrenamiento deportivo. Paidotribo, 125-127.
18. Durán, D., Aguiar, P., & Gómez, V. (2009). Efectos de un programa de rehabilitación pulmonar en un epoc severo. *Ciencias de la Salud, Universidad del rosario*, 7(2), 30-35.
19. Martin D., S. B.-R. (2011). Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. *Critical care*, 15(84).
20. Elbouhy, M. S., AbdelHalim, H. A., & Hashem, A. M. (2014). Effect of respiratory muscles training in weaning of mechanically ventilated COPD patients. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*, 63(3), 679-687.
21. Fundación neumológica colombiana. laboratorio de función pulmonar. manual de procedimientos. (2012). Recuperado el 5 de Junio de 2015, de <http://www.neumologica.org/Archivos/pimypem.pdf>
22. González-Montesinos, J. L., Pardal, C. V., Santos, J. F., Muñoz, A. A., Sepúlveda, J. C., & de los Monteros, R. E. (2012). Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento, Revisión bibliográfica. (Spanish). *Revista Andaluza De Medicina Del Deporte*, 5(4), 163-170.
23. Herrera de la Rosa, F. (2000). Exploración funcional de los músculos respiratorios. *Bronconeumologia*, 36 (3), 146-158.
24. Hill, K., Dennis BAppSc, D., Patman, S. (2013). Relationships between mortality, morbidity, and physical function in adults who survived a period of prolonged mechanical ventilation. *Journal of Critical Care*, 28, 427-432.
25. Hill, K., Jenkins, S., Philippe, D., Cecins, N., Shepherd, K., Green, D., Hillman,

- D., Eastwood, P. (2006). High - intensity inspiratory muscle training in COPD. *European respiratory Journal*, 1119 - 1128.
26. Dieguez, J. (2006). Entrenamiento funcional en programas de fitness. *Inde*, 1, 97-98.
27. Gastaldi, A., Magalhães, C., Baraúna, M., Silva, E., & Souza, H. (2008). Benefits of postoperative respiratory kinesiotherapy following laparoscopic cholecystectomy. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 12(2), 100-108.
28. Lizcano Cardona, D., Bermon Angarita, A. (2011). Factores asociados a la mortalidad y el tiempo de supervivencia en pacientes con ventilación mecánica espontánea con presión soporte en una unidad de cuidados intensivos de Antioquia. Recuperado el febrero de 2015, de [bdigital.ces.edu.co](http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/1486/2/Factores_asociados_mortalidad_tiempo.pdf): [http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/1486/2/Factores\\_asociados\\_mortalidad\\_tiempo.pdf](http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/1486/2/Factores_asociados_mortalidad_tiempo.pdf)
29. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. (2001). *Fisiología del Ejercicio*. 3ª ed; Madrid; Editorial Médica Panamericana.
30. McConnell AK, Lomax M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *J Physiol*. 577;445-57.
31. Martina, A. D., Smitha, B. K., Gabrielli, A. (2013). Mechanical ventilation, diaphragm weakness and weaning: A rehabilitation. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 189, 377-383.
32. Mondragón Barrera, A., Estrada García, M., & Cadavid Bedoya, D. (2014). Importancia de la recuperación nutricional para la realización de actividad física en pacientes. *Revista movimiento y salud CES*, 2(2).
33. Monteiro, S. G., Pessolano, F. A., Suárez, A. A., & De Vito, E. L. (2012). FUNCIÓN DEL DIAFRAGMA DURANTE LA COLOCACIÓN DE CARGAS SOBRE EL ABDOMEN EN SUJETOS NORMALES. (Spanish). *Medicina (Buenos Aires)*, 72(1), 98-102.

34. Moodie, L., Reeve, J., & Elkins, M. (2011). Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 213-221.
35. Mora Bautista, G. (2008). El envejecimiento y la actividad física. *Movimiento científico*, 2(1).
36. Mota Casals, S. (2005). ¿Cuál es el papel del entrenamiento de los músculos. *Arch Bronconeumol*, 593-595.
37. Navarro Rodríguez, Z., Safonts Ferrer, J. R., Usatorres, Y. G., & Porto Castellanos, M. R. (2013). Factores de pronóstico relacionados con la mortalidad por neumonía asociada a ventilación mecánica. (Spanish). *Medisan*, 17(1), 67-74.
38. Net Castel, A., & Benito Vales, S. (2000). *Ventilación mecánica*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica.
39. Orozco Levy, M., Marco Navarro, E., y Ramirez Sarmiento, A. (2010). entrenamiento de los músculos respiratorios: si o no? Elsevier doyma.
40. Primo, J. (2003). Niveles de evidencia y grados de recomendación (I/II). *Enfermedad Inflamatoria Intestinal al día*, 2(2), 39-42.
41. Ramos Gómez, L., Benito Vales, S. (2010). Fundamentos de la ventilación mecánica. Valencia: Marge.
42. Restrepo, J. (2006). *Metabolismo, nutrición y shock* (Cuarta ed.). Bogotá, Colombia: Panamericana.
43. Rodríguez, M. (2010). Programa para la mejora de la fuerza-resistencia del adulto mayor. Recuperado el 19 de Enero de 2015, de <http://www.efdeportes.com/efd143/mejora-de-la-fuerza-resistencia-del-adulto-mayor.htm>
44. Santos A, Scarpelini Forgliatto, Soares J., Gonçalves M. Application of specific ventilatory muscular training during the extubation process of mechanical ventilation - A case report. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciên. Biol. e da Saúde*,

Santa Maria. 2001; 2(1): p. 33-40.

46. Sprague SS, Hopkins PD (2003) Use of inspiratory strength training to wean six patients who were ventilator dependent. *Physical Therapy* 83: 171–181.

47. Via Clavero, G. Naváis Sanjuan, M., Menéndez Albuixech, M., Corral Ansa, L., Martínez Estalella, G., Díaz Prieto, A. (2013). Evolución de la fuerza muscular en paciente críticos. Elsevier Doyma , 155-166.

48. Yen. HC, Hui. LL, Hsiu. FH, Lan. TC, Kuo. CH, Ying HT. (2012). Effects of exercise training on pulmonary mechanics and functional status in patients with prolonged mechanical ventilation. *respiratory care*, 727-734.

## ANEXOS

Los anexos pertenecientes a la presente investigación constan de la matriz bibliográfica donde se organizó la información de cada uno de los documentos revisados.