

EFFECTIVIDAD DE LA ELECTROESTIMULACIÓN Y LA FISIOTERAPIA EN EL  
PACIENTE CRÍTICO

MÓNICA ALEJANDRA MONDRAGÓN BARRERA  
CAROLINA FERRER BETANCUR  
DIANA MARCELA QUINTERO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD CES  
FACULTAD DE FISIOTERAPIA  
FISIOTERAPIA  
MEDELLIN  
2015

EFFECTIVIDAD DE LA ELECTROESTIMULACIÓN Y LA FISIOTERAPIA EN EL  
PACIENTE CRÍTICO

CAROLINA FERRER BETANCUR  
DIANA MARCELA QUINTERO GONZÁLEZ

Trabajo de grado para optar por el título de Fisioterapeuta

ASESORA  
MÓNICA ALEJANDRA MONDRAGÓN BARRERA  
DOCENTE UNIVERSIDAD CES

UNIVERSIDAD CES  
FACULTAD DE FISIOTERAPIA  
FISIOTERAPIA  
MEDELLIN  
2015

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, 20 de Noviembre de 2015

## Contenido

RESUMEN .....	6
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	7
1.1 Planteamiento del problema .....	7
1.2 Justificación de la propuesta .....	9
1.3 Pregunta de Investigación.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	11
3. HIPÓTESIS .....	16
3.1 Hipótesis Nula: .....	16
3.2 Hipótesis Alternativa: .....	16
4. OBJETIVOS.....	16
4.1 General:.....	16
4.2 Específicos:.....	16
5 METODOLOGÍA .....	17
5.1 Enfoque metodológico de la investigación: .....	17
5.2 Población: .....	17
5.2.1 Población de referencia: .....	17
5.2.2 Población objeto: .....	18
5.3 MUESTRA: .....	19
5.3.1 Tamaño muestral:.....	19
5.3.2 Diseño muestral:.....	19
5.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES .....	20
5.4.1 Diagrama de Variables .....	20
5.4.2 Tabla de Variables.....	20
5.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	24
5.5.1 Fuentes de Información .....	24
5.5.2 Instrumento de Recolección de Información (A).....	25
5.5.3 Proceso de obtención de la Información .....	25
Protocolo .....	25
Grupo Experimental .....	25
Grupo Control .....	27
6 PRUEBA PILOTO .....	27

7	CONTROL DE ERRORES Y SEGOS .....	28
8	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	29
9	PLAN DE DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	30
10	CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	31
11	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO .....	32
11.1	Cronograma (Anexo B) .....	32
11.2	Presupuesto (Anexo B) .....	32
	BIBLIOGRAFIA .....	33

## RESUMEN

La debilidad adquirida en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), es un término que describe la debilidad muscular difusa, simétrica y generalizada que se desarrolla luego del ingreso a UCI sin otras causas identificables. Los estudios han demostrado que la debilidad muscular y el desacondicionamiento físico se presentan entre el 25-100% de los pacientes ventilados por más de 7 días. La evidencia publicada sobre la efectividad de la fisioterapia temprana en esta área es muy limitada y deben explorarse las posibilidades de ayuda instrumental; probablemente la modalidad más utilizada en UCI es la Estimulación Eléctrica Neuromuscular (NEMS), por lo tanto la investigación pretende dar a conocer la evidencia y utilización de ésta. Objetivo: Determinar la efectividad conjunta de la electroestimulación neuromuscular y la terapia convencional tempranas en pacientes ventilados en UCI. Métodos: Se realizó una búsqueda en las bases de datos EBSCO, PeDro y PubMed, teniendo en cuenta palabras clave en términos DeCS y MeSH. Se realizará un estudio con enfoque cuantitativo, de tipo experimental y con diseño de ensayo clínico controlado aleatorizado. Conclusiones: Se pretende encontrar que la movilización temprana en UCI combinada con electroestimulación podría impactar de varias maneras, como son la disminución de la fatiga muscular e incremento de la fuerza en miembros superiores e inferiores, estancias hospitalarias y en UCI de menor duración, mejor percepción subjetiva de bienestar, mayor posibilidad de retomar el estado funcional previo al ingreso de UCI, más días libres de ventilación mecánica y puede prevenir el desarrollo de la polineuropatía en cuidados críticos.

# 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

## 1.1 Planteamiento del problema

La debilidad adquirida en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), es un término que describe la debilidad muscular difusa, simétrica y generalizada que se desarrolla luego del ingreso a UCI sin otras causas identificables (1). Puede presentarse entre el 25-60% de los pacientes con Ventilación Mecánica (VM). Los estudios evidencian que la debilidad adquirida en la UCI está asociada con la estancia prolongada en cama, tiempo en ventilación mecánica, el aumento de la mortalidad, alteración microvascular, desequilibrios de la fuerza muscular, lesiones mediadas por citoquinas y la denervación; todos estos aspectos han estado implicados como posibles causas(3), sin embargo, su etiología es multifactorial y poco entendida (4).

De igual forma como su etiología es variada, existen diversas complicaciones que subyacen durante la estadía en UCI, sin embargo, la Debilidad Muscular Adquirida en UCI (sus siglas en inglés ICU-AW, Intensive Care Unit- Acquired Weakness), es el principal factor que influye en la recuperación del paciente crítico debido a que la debilidad muscular y el desacondicionamiento físico se presentan entre el 25-100% de los pacientes ventilados por más de 7 días (5). Se entiende que la pérdida de la masa muscular y función miocítica, o ambas, ocurren entre el 5-7 día de estancia en UCI (6). Este desacondicionamiento se debe principalmente a que el paciente críticamente enfermo se encuentra sometido a un alto grado de inmovilización por tiempo prolongado, llevando a una disminución significativa en la capacidad funcional que, sumándose a la situación o enfermedad de base, lo compromete en forma multisistémica (7).

Dentro de los factores de riesgo existentes que pueden desencadenar la ICU-AW se destacan edad avanzada, sepsis, falla multiorgánica, uso de corticoesteroides,

bloqueo de agentes neuromusculares, entre otros (4), y está asociada íntimamente con el retraso en el destete ventilatorio, el incremento de días de estancia en UCI y dentro del hospital (5,4,8) y la muerte asociada a la enfermedad crítica (6).

Debido a que la arquitectura muscular y su función se pierden rápidamente durante una enfermedad crítica, las intervenciones para el manejo de la debilidad adquirida en UCI no pueden ser diferidas solo al tiempo en el que el paciente esté estable, alerta y capaz de seguir órdenes verbales (1). La movilización temprana está asociada a una mejora de la función, comparada con el reposo en cama, trayendo beneficios en cuanto a fuerza muscular, función física, calidad de vida y días en VM y de estancia UCI (5,8. 10). Sin embargo, no todos los pacientes en UCI son candidatos a realizar intervenciones que impliquen movilización de todo el cuerpo; en pacientes sedados, con alteración cognitiva o reservas fisiológicas insuficientes y en circunstancias de inestabilidad hemodinámica se deben buscar terapias alternativas para minimizar los daños musculares de la enfermedad crítica. Por ejemplo, la utilización diaria de electro estimulación podría ser una estrategia útil para prevenir o reducir la miopatía debido a que no necesita actividad voluntaria y su administración no causa inestabilidad cardiopulmonar (6).

A pesar de que los fisioterapeutas tienen la capacidad para evaluar la función neuromuscular de los pacientes en UCI y se han considerado como parte del equipo interdisciplinario que brinda atención a pacientes en estado crítico, la evidencia publicada sobre la efectividad de la fisioterapia temprana en esta área es muy limitada(11).

La movilización temprana en los pacientes críticos que están sometidos a ventilación mecánica es una práctica muy avanzada en la fisioterapia, ya que esta práctica requiere de una educación y conocimientos especializados en áreas específicas. Los fisioterapeutas deben ser una parte integral del equipo



interdisciplinario en la UCI puesto que se encuentran en una posición única con las habilidades y conocimientos necesarios para evaluar la función neuromuscular y proporcionar las técnicas de rehabilitación adecuadas (12).

Los estudios han demostrado que pacientes que requirieron ingreso a la UCI, sufren posteriormente alteraciones para la marcha, disminución en la capacidad aeróbica y desmedro en su calidad de vida, por la dependencia funcional que desarrollan. Debido a esto se han planteado diferentes hipótesis, por ejemplo, que las intervenciones fisioterapéuticas dentro del estado crítico de estos pacientes pueden repercutir en la reducción de alteraciones físicas tanto a corto como a largo plazo(2).

Según informes y revisión minuciosa de la literatura clínica y científica se ha planteado que la fisioterapia enfocada a la movilización temprana combinada con electroestimulación logra tener efectos positivos en la evolución del paciente crítico. Por lo tanto, este estudio pretende determinar la efectividad conjunta de estas modalidades terapéuticas en pacientes con ventilación mecánica, en relación con mortalidad a los 28 días, número de días libre del ventilador, desde el día 1 al 28, duración de la ventilación mecánica y estancia en UCI.

## 1.2 Justificación de la propuesta

La importancia de esta investigación radica en la posibilidad de brindar bases para un tratamiento fisioterapéutico integral en pacientes en UCI, evaluando la efectividad, de la terapia convencional junto con la electroestimulación y su impacto sobre el tiempo de ventilación mecánica, tiempo libre del ventilador, tiempo de hospitalización, estancia en UCI y mortalidad. En este sentido, se estaría realizando una labor valiosa para los pacientes y sus familiares, la academia, el sistema de salud y la comunidad.

Los mayores beneficiados serán los pacientes y sus familiares, pues la investigación apunta a demostrar que las intervenciones fisioterapéuticas reducen el tiempo de confinamiento en cama, que cómo está bien descrito en la literatura, predispone a complicaciones. Por ejemplo, incidir sobre los efectos de la inmovilidad obligada y la exposición a agentes infecciosos y diversas terapéuticas, permitiría evitar complicaciones frecuentes que se observan en pacientes críticos, tales como alteraciones de la función pulmonar a largo plazo, polineuropatías y miopatías, atrofia severa por desuso, depresión, ansiedad, desordenes en funciones ejecutivas, entre otros.

Respecto al ámbito académico, se hace necesario contar con publicaciones que den soporte a la aplicación de electroestimulación en pacientes críticos, sumado al enriquecimiento que trae consigo la realización de investigaciones basadas en la evidencia que, hasta ahora, no ha sido realizadas en nuestro país.

Sumado a lo anterior, ser la primera publicación en Colombia que sustente la utilización de NEMS (estimulación eléctrica neuromuscular por sus siglas en inglés) en pacientes críticos y su relación con las variables previamente mencionadas es un valor agregado para la Facultad de Fisioterapia de la Universidad CES y para la comunidad académica y profesional de Fisioterapeutas que desempeñan su labor en el área cardiopulmonar, pues si bien es cierto, otros estudios pueden dar resultados prometedores, no se han encontrado investigaciones en nuestro país que sustenten estas técnicas teniendo en cuenta las características particulares de nuestra población.

Finalmente, encontrando resultados satisfactorios con la investigación se podría generar un impacto positivo en cuanto a la disminución de tiempo de estancia hospitalaria, posiblemente influyendo sobre la reducción de costos por parte del sistema de salud, además de obtener datos estadísticos que soporten la

necesidad de adquirir equipos de electroestimulación en las UCIs con el fin de acelerar los procesos de recuperación funcional.

### 1.3 Pregunta de Investigación

¿Cuál es la diferencia entre la terapia convencional y la electroestimulación combinada con terapia convencional en pacientes críticos de la UCI, en cuanto a la estancia en UCI, el tiempo en VM, el destete y la mortalidad?

## 2. MARCO TEÓRICO

En pacientes intubados, recibiendo ventilación mecánica no solo se debe enfatizar en conductas relacionadas con el mantenimiento de la vía aérea y la higiene bronquial. En el contexto de la UCI, cada vez se hace más indispensable planear y ejecutar estrategias de movilidad temprana, que contemplen la dosificación, duración y frecuencia de su aplicación. Estudios previos han demostrado dos puntos importantes: el primero, la rehabilitación ayuda a los pacientes a recuperar su capacidad para caminar y realizar actividades de la vida diaria, y en segundo lugar, la rehabilitación de mayor intensidad puede conducir a mayores beneficios (13. 16).

A pesar de que existe un concepto general, avalado por muchos grupos de investigadores, acerca del papel de la movilidad temprana sobre el transporte de oxígeno y la relación ventilación-perfusión, la distribución de líquidos por el estímulo de la fuerza de gravedad, la minimización de los efectos perjudiciales de la inmovilidad en la cama, el estímulo al tejido óseo para generar estrés y favorecer la mineralización, y sobre la capacidad de trabajo y la independencia funcional (5), entre otros, que contribuirían a retornar a un status funcional previo, la evidencia con respecto a protocolos o guías de práctica, requiere más estudios.

Intervenciones que involucren el movimiento progresivo de tipo pasivo y activo, se recomiendan para minimizar la debilidad muscular después de la inmovilidad prolongada (10,17), pues éstas preservarían la fuerza y la masa muscular mediante la mejora en el flujo sanguíneo, estimulando la producción de citocinas anti-inflamatorias, una adecuada actividad de la insulina y por tanto, de la captación de glucosa en el músculo (18).

La movilidad pasiva consiste en el movimiento realizado dentro de los límites disponibles (rango) de la articulación. En los pacientes inconscientes, los movimientos pasivos, mantienen el rango de movimiento, evitando las contracturas articulares y modulan el tono muscular (19.22). Inclusive, se ha determinado que movimientos pasivos complejos (por ejemplo, abducción y aducción de hombro), son capaces de reducir la hemicnegligencia cuando se asocian a movimientos activos simultáneos del brazo contrario, en pacientes hemipléjicos (23). Adicionalmente, se ha observado incremento en la conductancia vascular hacia músculos esqueléticos que son movilizados pasivamente, sin un aumento concomitante en su metabolismo (24).

Los ejercicios asistidos, se refieren a un tipo de movilidad activa donde una fuerza externa que proporciona ayuda, mecánica o manual, dado que el músculo principal requiere asistencia para completar el movimiento. A su vez, los ejercicios activos son movimientos dentro de los límites de la movilidad, sin restricción de un segmento, que se produce por acción de una contracción activa de los músculos que cruzan esa articulación (25). Estas estrategias se deben asociar a la promoción de independencia funcional en el paciente crítico, manifiesta en la posibilidad de adoptar posturas, realizar traslados e incluso deambular o desplazarse, aspectos que en conjunto hacen parte del concepto movilización temprana.

Se ha descrito que la movilización temprana en UCI impacta de varias maneras, como son la disminución de la fatiga muscular e incremento en la fuerza de miembros superiores e inferiores (15), estancias hospitalaria y en UCI más cortas,

menor tiempo de encamamiento (20), mejor percepción subjetiva de bienestar (26), mayor posibilidad de retorno al estado funcional previo al ingreso a UCI, menos delirium y más días libres de la VM (17).

Si bien, en la intervención fisioterapéutica se utilizan diversidad de maniobras no instrumentales, deben explorarse las posibilidades de ayuda instrumental que existen y que son usadas ampliamente en pacientes no críticos. Probablemente la modalidad más utilizada en UCI es la Estimulación Eléctrica Neuromuscular (NEMS). Un estudio controlado aleatorio en pacientes con EPOC sugirió que la adición de NEMS para activar la movilización de los miembros, disminuye el número de días necesarios para la transferencia de la cama a silla. La NEMS, como herramienta de prevención y rehabilitación en pacientes en UCI con polineuropatía debe investigarse para incluir su uso en la práctica cotidiana, pues es probable que ayude a prevenir el deterioro de la estructura y la función muscular. La misma consideración aplica para los pacientes que, si bien no tienen polineuropatía adquirida están propensos a ella por causa de su estado crítico. Estudios recientes (31) reportan la utilidad de la NEMS para preservar la masa y la fuerza en pacientes de la UCI, siendo posible que se consiga una reducción significativa en las probabilidades de debilidad adquirida en la UCI. Un estudio sugiere que las lesiones diarias del NEMS previenen el desarrollo de la polineuropatía (PNP) en pacientes críticamente enfermos y también dan lugar a una menor duración del destete del ventilador. La NEMS ha demostrado también ser beneficiosa en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica severa y EPOC. (27)

La electricidad tiene un efecto en cada célula y tejido por la que pasa, el tipo y la extensión de la respuesta son dependientes del tipo de tejido y sus características y la naturaleza de la corriente aplicada, clínicamente la fisioterapia utiliza las corrientes eléctricas para las siguientes razones: para crear contracción muscular a través del nervio o estímulos musculares, para estimular nervios sensitivos ayudando al tratamiento del dolor, para crear un campo eléctrico en los tejidos

biológicos simulando o alterando los procesos de curación y para crear un campo eléctrico en la superficie de la piel para conducir iones beneficioso para los procesos de curación en o a través de la piel. (27)

En este sentido, cuando la electricidad se mueve a través de un medio conductivo, los cambios en el funcionamiento fisiológico pueden ocurrir en varios niveles de todo el sistema. 4 niveles han sido realmente identificados: celular, tisular, segmental y sistemático. Los efectos a nivel celular pueden ser: excitación de las células nerviosas, cambios en la permeabilidad de la membrana celular, síntesis proteica, estimulación de fibroblastos y osteoblastos y modificación de la microcirculación; a nivel tisular se requieren múltiples eventos celulares para generar: contracción del músculo esquelético, contracción del músculo liso y regeneración tisular; a nivel segmental involucra efectos regionales de los dos niveles anteriores, ocurre: modificación de la movilidad articular, bombeo muscular que genera cambios circulatorios y de actividad linfática, alteración del sistema microvascular sin estar asociado al bombeo muscular, un incremento de la movilidad de proteínas hacia el sistema linfático con el incremento de la presión oncótica que incrementa la cantidad de fluido en el sistema linfático, lo que conduce a una mayor contracción linfática como resultado del aumento del flujo. (27)

Por último, es posible que la estimulación sensorial pueda activar indirectamente el sistema autonómico, por tal motivo se pueden liberar sustancias adrenérgicas que favorecen a la contracción del músculo liso linfático; finalmente a nivel sistémico son: efectos analgésicos por liberación de supresores endógenos del dolor que actúan en diferentes niveles de su control, efectos analgésicos por la estimulación de algunos neurotransmisores que controlan la actividad neural en presencia de estímulos dolorosos.(28,29)

Los efectos se pueden dividir entre directos e indirectos; los efectos directos ocurren en el flujo de la corriente y debajo de los electrodos y los efectos indirectos ocurren en lugares distintos a la corriente eléctrica. (28)

Cuando se habla de tipos de corrientes, se pueden encontrar múltiples diferencias; la gran diferencia entre una corriente bifásica de una monofásica es la habilidad que tiene la monofásica de crear cambios químicos, estos cambios químicos ocurren solo cuando el estímulo es continuo y es aplicado durante un periodo de tiempo; los cambios serán medibles cuando la duración del estímulo pasa un minuto pero el efecto es acumulativo en la totalidad del tratamiento. Este tipo de corriente está disponible en la mayoría de equipo de bajo voltaje. La mayoría de los estimuladores de alto voltaje no es ajustable y es muy corta para crear cambios químicos, los cuales ocurrían después de una hora de tratamiento. Una teoría para utilizar corriente monofásica de alto voltaje el tratamiento del edema propone que la corriente directa aumenta el movimiento de las proteínas cargadas hacia los canales linfáticos. (28)

Una persona encamada durante varias semanas tendrá atrofia muscular y pérdida de la fuerza muscular. La inmovilización reduce la frecuencia de descarga motora y afecta las propiedades mecánicas del músculo. La reducción de la longitud de las fibras de los músculos inmovilizados en una posición acortada se acompaña de reducción de la distensibilidad del musculo y aumento de la proporción del tejido conjuntivo. (30) A medida que el musculo se atrofia disminuye su capacidad de generar tensión y se ve una posible disfunción de las proteínas contráctiles.

En sujetos sanos, los cambios hallados con la aplicación de programas de NMES son variados; entre ellos destacan el aumento de la capacidad oxidativa del músculo debido a un incremento de las enzimas oxidativas, la transformación de isoformas de miosina rápidas a lentas y el aumento de la capilarización. Asimismo, se han descrito adaptaciones tempranas del metabolismo energético, aumento de la fuerza muscular y mejora de la capacidad funcional del sujeto

## 3. HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis Nula:

La electroestimulación neuromuscular conjunta con la fisioterapia convencional no presenta diferencias en cuanto a mortalidad a los 28 días, número de días libre del ventilador, duración de la ventilación mecánica y estancia en UCI, en comparación con la fisioterapia convencional.

### 3.2 Hipótesis Alterna:

La electroestimulación neuromuscular conjunta con la fisioterapia convencional si presenta diferencias en cuanto a mortalidad a los 28 días, número de días libre del ventilador, duración de la ventilación mecánica y estancia en UCI, en comparación con la fisioterapia convencional.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General:

Determinar la efectividad conjunta de la electroestimulación neuromuscular y la terapia convencional tempranas, en pacientes con ventilación mecánica en una UCI de Medellín, en relación con mortalidad a los 28 días, número de días libre del ventilador, desde el día 1 al 28, duración de la ventilación mecánica y estancia en UCI.

### 4.2 Específicos:

- Identificar las características socio-demográficas de la población del estudio.
- Comparar el tiempo libre de ventilación mecánica entre el grupo control y el grupo experimental



- Determinar la diferencia en el tiempo de estancia en UCI entre el grupo control y el grupo experimental
- Contrastar los índices de mortalidad en pacientes críticos entre el grupo control y el grupo experimental
- Comparar el comportamiento de variables clínicas como la diferencia de la relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno (PaFi), la modificación de la modalidad ventilatoria y la presión positiva al final de la espiración (PEEP), entre el grupo control y el grupo experimental

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 Enfoque metodológico de la investigación:

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y con diseño de ensayo clínico controlado aleatorizado que pretende determinar la efectividad conjunta de la electroestimulación neuromuscular y la terapia convencional tempranas, en pacientes con ventilación mecánica en una UCI de Medellín, en relación con mortalidad a los 28 días, número de días libre del ventilador, desde el día 1 al 28, duración de la ventilación mecánica y estancia en UCI.

### 5.2 Población:

#### 5.2.1 Población de referencia:

Pacientes mayores de 18 años ingresados en UCI.

### 5.2.2 Población objeto:

Pacientes mayores de 18 años de una UCI del departamento de Antioquia, con estadía mayor a 24 horas, a quienes se les pueda realizar intervención fisioterapéutica.

Nota: La Unidad de Cuidados Intensivos de la IPS Universitaria León XIII recibe pacientes con procedimientos medicoquirúrgicos y patologías cardiopulmonares, los cuales, por la gravedad de su condición, son pacientes que la mayor parte del tiempo de estadía en la UCI requieren sedación moderada. La sedación consciente no es comúnmente utilizada en esta unidad.

#### *Criterios de inclusión:*

Pacientes mayores de 18 años, que accedan a participar de la investigación o cuyos familiares lo autoricen, con mínimo 24 horas de ventilación mecánica y con sedación o estado de conciencia (RASS m -3 o Glasgow m 9) al entrar como participante de la investigación.

#### *Criterios de exclusión:*

Inestabilidad hemodinámica entendida como presencia de nuevas arritmias cardíacas en el electrocardiograma, altas dosis de inotrópicos (dopamina >10 mcg/kg/min; Nor/Adrenalina >0,1 mcg/kg/min), variabilidad mayor del 20% en la presión arterial y en la frecuencia cardíaca en reposo; Saturación de oxígeno menor de 90% y FIO<sub>2</sub> mayor de 70% y PEEP mayor de 10 cmH<sub>2</sub>O, en falla orgánica múltiple o con orden médica de mínima manipulación. Pacientes con

bloqueadores musculares en un periodo menor a 24 horas, con delirium o agitación psicomotora o pacientes con debilidad presente antes del ingreso a UCI con diagnósticos como Guillain Barre, ELA, distrofia muscular, miastenia gravis.

### 5.3 MUESTRA:

#### 5.3.1 Tamaño muestral:

Se estimó el tamaño de la muestra por medio de EPIDAT 4.1, encontrándose un valor de 56 pacientes en total, teniendo en cuenta que la presencia de debilidad muscular en UCI es alcanza hasta un 60%, se espera que a través de la intervención, se logre una reducción al 20%, con un nivel de significancia de 0.95 y un poder de 0.80. Para garantizar que por perdidas (abandono) no se afecte el poder, se establece un 10% adicional en el tamaño. Por tanto, la muestra será de 62 pacientes, que se repartirán de manera equitativa a través de aleatorización entre el grupo control e intervención (31:31)

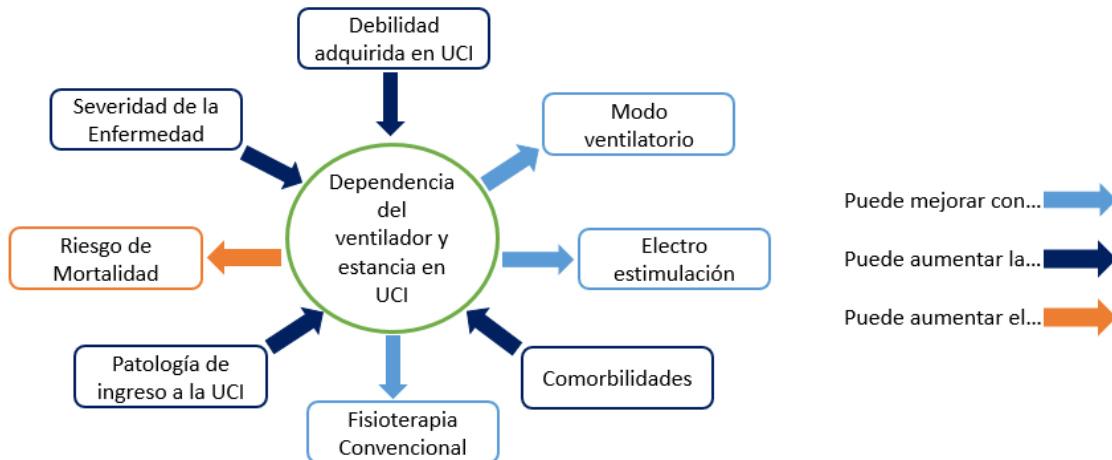
**Criterios de abandono:** Un paciente que inicialmente ingrese dentro del estudio, pero, por complicaciones de su patología de base cumpla con alguno de los criterios de exclusión y no pueda ser atendido por más de 24 horas, será un paciente que debe retirarse del análisis estadístico para evitar sesgos de selección. Lo mismo ocurre con aquellos pacientes que mueran durante el periodo de seguimiento. La muestra está calculada teniendo en cuenta este tipo de pacientes, para conservar el poder estadístico.

#### 5.3.2 Diseño muestral:

Muestreo probabilístico simple, por medio del software EPIDAT 4.1.

## 5.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

### 5.4.1 Diagrama de Variables



### 5.4.2 Tabla de Variables

Variable	Definición operacional	Naturaleza	Nivel medición	Categorías	Valores
Edad	Número de años cumplidos reportado en historia clínica	Cuantitativa	De razón discreta	Años	180 n
Sexo	Características fenotípicas reportadas en historia clínica	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Hombre Mujer	1 2
Patología o	Enfermedad por la	Cualitativa	Nominal	Falla	1

enfermedad de ingreso a UCI	cual ingresa a UCI reportada en HC	a	Politómica	multiorgánica EPOC Enfermedad abdominal TEC ACV Otros	2 3 4 5 6 7
Estado de sedación	RASS (Escala de Agitación/sedación de Richmond) reportado en la historia clínica el día de la evaluación.	Cualitativa	Ordinal	-3 -4	1 2
Estado de conciencia	Puntaje obtenido en la escala de Glasgow reportado en la historia clínica el día de la evaluación.	Cualitativa	Ordinal	1-3 4-6 7-9	1 2 3
Severidad de la enfermedad	Puntaje obtenido en la escala de APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II) reportada en la	Cualitativa	Ordinal	0 1 2 3	0 a 3

	historia clínica el día de la evaluación				
Complicaciones	Alteración del curso de la enfermedad, derivada de la misma y no provocada por la actuación terapéutica, así como de la reacción adversa que se considera como daño imprevisto derivado de un acto justificado, realizado durante la aplicación del procedimiento correcto en el contexto en el que se produjo el evento, que esté reportadas en HC	Cualitativa	Nominal politémica	Sepsis Shock Falla multiorgánica Inestabilidad hemodinámica Otros	1 2 3 4 5 6
Tiempo en VM	Días transcurridos desde que inicia VM hasta el	Cuantitativa	De razón discreta	Días	nó

	destete				
Tiempo libre del ventilador	Días que el paciente permanece sin necesitar la ventilación mecánica, en un intervalo específico.	Cuantitativa	De razón discreta	Días	n
Estancia en UCI	Días transcurridos desde el ingreso a UCI hasta el momento de alta de UCI.	Cuantitativa	De razón discreta	Días	1,2,3,0, n
Mortalidad a los 28 días	Número de pacientes que fallecen durante los primeros 28 días después de ingresar a la UCI.	Cuantitativa	De razón discreta	Sujetos fallecidos	1,2,3,0, n
Modo ventilatorio	Forma de administrar ventilación mecánica, en la que se encuentra el paciente en el momento de la evaluación	Cualitativa	Ordinales	Espontáneo Asistido Controlado  ASV  Otro	1  2  3  4
PAFI	Valores de	Cuantitativa	De razón	mmHg/FiO2	100 n

	relación PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> reportados el día de la evaluación en Gases Arteriales	va	discreta		
FiO <sub>2</sub>	Valor de FiO <sub>2</sub> reportada en el ventilador mecánico el día de la evaluación	Cuantitati va	De razón discreta	%	21 - 100%
PEEP	Valor de PEEP reportada en el ventilador mecánico el día de la evaluación	Cuantitati va	De razón discreta	cmH <sub>2</sub> O	nó (por revisar)

## 5.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

### 5.5.1 Fuentes de Información

La información se recolectará de fuente primaria, a través de la medición directa de variables clínicas, y de fuente secundaria, por la revisión diaria de historia clínica de cada paciente. Las variables clínicas como modo ventilatorio, PAFI, FiO<sub>2</sub>, PEEP y estado de conciencia medido con Glasgow se tomarán el día de la evaluación fisioterapéutica, la cual se realizará a las 24 horas de ingreso del paciente a la unidad de cuidados intensivos, así mismo serán tomadas todos los días previo a la intervención fisioterapéutica. Las variables recolectadas por fuente secundaria serán edad, sexo, patología o enfermedad de ingreso a UCI, estado de sedación medido con RASS, severidad de la enfermedad, complicaciones, tiempo



de estancia en UCI, tiempo de ventilación mecánica y tiempo libre de ventilación mecánica, mortalidad a los 28 días y supervivencia. El RASS será medido diariamente previo a la intervención fisioterapéutica. Todos estos datos serán recolectados en un formato diseñado para facilitar el almacenamiento de la información.

#### 5.5.2 Instrumento de Recolección de Información (A)

#### 5.5.3 Proceso de obtención de la Información

La información que se obtendrá serán las variables descritas, tomadas por los estudiantes de Fisioterapia de la Universidad CES de 8° semestre en la IPS Universitaria León XIII. Los pacientes serán evaluados a las 24 horas de ingreso a UCI siempre y cuando cumplan con los criterios de inclusión preestablecidos. La evaluación será realizada priorizando el dominio afectado, sin embargo, las variables tanto clínicas como no clínicas serán tomadas independientemente de la patología de ingreso. Previo a cada intervención se tomarán los datos de las variables para evaluar los cambios del paciente durante la aplicación del protocolo. Así mismo, se realizará una evaluación final al terminar el proceso de intervención diseñado para registrar las mejoras en la condición del paciente.

## Protocolo

### Grupo Experimental

El protocolo estará diseñado para los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión previamente mencionados. La electroestimulación se realizará con un Compex de cuatro canales. Se iniciará la intervención con NEMS desde el mismo día de la evaluación hasta el momento del destete ventilatorio; los electrodos serán aplicados en los músculos cuádriceps en vasto medial (con el fin de evitar posteriores complicaciones patelares por debilidad de este musculo), tibial anterior con el fin de evitar pie caído y gastrocnemios buscando la reciprocidad en ambos

músculos para simular la marcha. En miembros superiores será aplicado en bíceps braquial. Así mismo, los electrodos serán ubicados en el vientre muscular y punto motor de cada músculo. Los parámetros a utilizar serán los siguientes:

- Dosificación: 5 días a la semana, 30 minutos durante la primera semana de intervención. 45 minutos a partir de la segunda semana, con el fin de permitir una adaptación muscular progresiva.
- Tipo de corriente: Bifásica asimétrica (31)
- Intensidad: Se evalúa la intensidad que genere una contracción máxima visible. A partir de este valor se toma el 60% y se incrementará un 10% cada 5 minutos.
- Frecuencia: Los primeros 5 minutos serán de calentamiento con una frecuencia de 15 Hz con el fin de mejorar la capacidad oxidativa del músculo, los siguientes 20 minutos (35 minutos a partir de la segunda semana) se utilizará una frecuencia de 100 Hz para mejorar la fuerza muscular en la mitad del tiempo, la otra mitad se utilizará una frecuencia de 50Hz para mejorar la fuerza resistencia; y los últimos 5 minutos serán realizados a 10 Hz para producir relajación, aumento de riego sanguíneo y segregación de endorfinas. (32)
- Duración de pulso: 400 s (31,33. 35)
- Tiempos On y Off: Para el calentamiento y relajación se utilizarán 8 segundos de contracción por 3 de relajación para lograr los objetivos previamente mencionados. Durante el trabajo central se realizarán tiempo de 4 segundos de contracción por 30 segundos de relajación, correspondiendo a una relación 1:5. (32)
- Rampas: de subida y bajada de 1 segundo.

Adicional al protocolo de intervención con electroestimulación, cada paciente recibirá una intervención simultánea de 15 minutos, 5 días en la semana, 10 repeticiones por 2 series en cada uno de los segmentos corporales; en caso de

que el paciente comprenda órdenes y esté en la capacidad de realizar el ejercicios, se aplicaran ejercicios activos y autoasistidos el mismo número de series y repeticiones mencionadas anteriormente, se continuará con aproximaciones y tracciones articulares como estímulo propioceptivo, en cada articulación (10 repeticiones).

### Grupo Control

La intervención se circunscribe a modalidades cinéticas pasivas y activas libres, las cuales incluyen: movilizaciones pasivas, ejercicios activos, ejercicios autoasistidos, ejercicios activos libres, aproximaciones y tracciones articulares.

Cada participante del grupo control recibirá una intervención de 30 minutos, 5 días en la semana, 10 repeticiones por 2 series en cada uno de los segmentos corporales; en caso de que el paciente comprenda órdenes y esté en la capacidad de realizar el ejercicios, se aplicaran ejercicios activos y autoasistidos el mismo número de series y repeticiones mencionadas anteriormente, se continuará con aproximaciones y tracciones articulares como estímulo propioceptivo, en cada articulación (10 repeticiones).

## 6 PRUEBA PILOTO

Se hará la prueba piloto de la encuesta, la cual se diligenciará por fuente secundaria a 8 personas que, aunque no harán parte de la muestra ni del análisis, deberán diligenciar consentimiento informado.

## 7 CONTROL DE ERRORES Y SESGOS

TIPO DE SESGO	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIA DE CONTROL
DEFINICIÓN	Fuente de información: Falta de bibliografía sobre la electroestimulación en pacientes críticamente enfermos	Realizar una búsqueda exhaustiva de bibliografía
DEFINICIÓN	Presupuesto y cronograma: falta de planeación en cuanto a los tiempos de realización y preparación de la investigación, así como falta de cálculo en cuanto a las necesidades económicas del proyecto.	Correcta planeación y organización del tiempo dentro de la investigación, delegación de tareas, asesorías periódicas, revisiones constantes de los tiempos de realización del proyecto.
DEFINICIÓN	Medición: información incorrecta suministrada por la historia clínica o los instrumentos a utilizar	Corroboración de datos de identificación con documentación.  Utilización de instrumentos confiables y calibrados
INVESTIGADOR	Transcripción incorrecta de la información	Verificación de la información registrada y doble digitación de los datos

	Utilización de métodos estadísticos inadecuados para el análisis de los datos	Verificación de los test estadísticos y cruces de variables para un correcto análisis de resultados
SELECCIÓN	Debidos a la falta de representatividad de la muestra  Debido al abandono de pacientes por complicaciones de su condición de base.	Realizar cálculos confiables sobre el número ideal de personas que deben entrar dentro del muestreo aleatorio. Teniendo en cuenta el estimado de abandonos por complicaciones o muerte.

## 8 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos se recopilarán en una hoja de Excel; para el almacenamiento y procesamiento de la información se utilizará SPSS 21 con el fin de garantizar la calidad de la información ingresada en la base de datos.

Según la naturaleza de los objetivos específicos se determina el tipo de análisis estadístico que se llevará a cabo en la investigación, de la siguiente manera:

<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Análisis estadístico</b>
Identificar las características socio-demográficas de la población del estudio.	Análisis descriptivo. Se utilizarán frecuencias y porcentajes para determinar la distribución de las variables.

Comparar el tiempo libre de ventilación mecánica entre el grupo control y el grupo experimental	Bivariado. Variables cuantitativas; se utilizará como medida de tendencia central la media con desviación estándar en caso tal de que la variable tenga distribución normal. De lo contrario se utilizará mediana y rango intercuartilico. Para contrastar las variables se utilizarán los test estadísticos: Coeficiente de correlación de Pearson si es paramétrica; si es no paramétrica se realizará con Spearman.  La comparación de mortalidad será evaluada a través de tasas de mortalidad ajustadas por edad, se calculará la reducción de mortalidad en el grupo experimental, y se calculará el Riesgo Relativo.
Determinar la diferencia en el tiempo de estancia en UCI entre el grupo control y el grupo experimental	
Contrastar los índices de mortalidad en pacientes críticos entre el grupo control y el grupo experimental	
Comparar el comportamiento de variables clínicas como la diferencia de la relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno (PaFi), la modificación de la modalidad ventilatoria y la presión positiva al final de la espiración (PEEP), entre el grupo control y el grupo experimental	

## 9 PLAN DE DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS

La difusión de la información se llevará a cabo a través de un artículo original que justifique los resultados de la investigación; así mismo, se buscará realizar alguna ponencia a nivel nacional con el fin de exponer el proceso investigativo al público

interesado y dar a conocer, en caso de tener resultados satisfactorios, un protocolo que pueda ser útil para el manejo de electroestimulación en el paciente crítico.

## 10 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Las consideraciones éticas que guían el desarrollo de la presente investigación se encuentran contempladas en la Declaración de Helsinki y la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia.

Esta investigación tendrá en cuenta el consentimiento informado, el cual deberá ser diligenciado por los familiares de los pacientes que participen del estudio. El documento contendrá la descripción y propósito de la investigación: **D**eterminar la efectividad conjunta de la electroestimulación neuromuscular y la terapia convencional tempranas, en pacientes con ventilación mecánica en una UCI de Medellín; así mismo, mencionará los procedimientos a realizar (aplicación de un protocolo de electroestimulación y terapia convencional).

El uso que se dará a la información estará orientado a proporcionar evidencia científica que justifique la aplicación de electroestimulación en pacientes críticamente enfermos. Se explicarán los riesgos y beneficios, así como la libertad que se tendrá de participar o de retirarse en cualquier momento de la investigación sin alterar la calidad del servicio que se preste en la UCI. Finalmente, los mecanismos que garantizarán la confidencialidad de la información obtenida serán informados a las familias.

A partir de estas aclaraciones, la presente investigación se acoge a los principios previamente mencionados, considerándose un estudio con riesgo mayor que el mínimo para los participantes, debido a que se realizará intervención fisioterapéutica con electroestimulación y los pacientes estarán sujetos a métodos aleatorios de asignación de grupos terapéuticos y grupos control.

El estudio será aprobado y avalado por el Comité de Ética de la Universidad CES.

## 11 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

11.1 Cronograma (Anexo B)

11.2 Presupuesto (Anexo B)



## BIBLIOGRAFIA

1. Kho ME, Truong AD, Brower RG, Palmer JB, Fan E, Zanni JM, et al. Neuromuscular electrical stimulation for intensive care unit-acquired weakness: protocol and methodological implications for a randomized, sham-controlled, phase II trial. *Phys Ther*. 2012 Dec;92(12):1564. 79.
2. Adler J, Malone D. Early mobilization in the intensive care unit: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2012 Mar;23(1):5. 13.
3. Rodriguez PO, Setten M, Maskin LP, Bonelli I, Vidomlansky SR, Attie S, et al. Muscle weakness in septic patients requiring mechanical ventilation: protective effect of transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *J Crit Care*. 2012 Jun;27(3):319.e1. 8.
4. Kayambu G, Boots R, Paratz J. Physical therapy for the critically ill in the ICU: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2013 Jun;41(6):1543. 54.
5. Williams N, Flynn M. A review of the efficacy of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients. *Physiother Theory Pract*. 2013 Jul 15;
6. Winkelman C. Mechanisms for muscle health in the critically ill patient. *Crit Care Nurs Q*. 2013 Mar;36(1):5. 16.
7. Mondragón B., Alejandra. Condición física y capacidad funcional en el paciente críticamente enfermo: efectos de las modalidades cinéticas. *CES Med*. 2013 Jul 8;27(1):53. 66.
8. Pinheiro AR, Christofoletti G. Motor physical therapy in hospitalized patients in an intensive care unit: a systematic review. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012 Jun;24(2):188. 96.
9. Poulsen JB, Møller K, Jensen CV, Weisdorf S, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med*. 2011 Mar;39(3):456. 61.
10. Griffiths RD, Hall JB. Intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med*. 2010 Mar;38(3):779. 87.
11. Nordon-Craft A, Schenkman M, Ridgeway K, Benson A, Moss M. Physical therapy management and patient outcomes following ICU-acquired weakness: a case series. *J Neurol Phys Ther JNPT*. 2011 Sep;35(3):133. 40.

12. Perme C, Chandrashekar R. Early mobility and walking program for patients in intensive care units: creating a standard of care. *Am J Crit Care Off Publ Am Assoc Crit-Care Nurses*. 2009 May;18(3):212. 21.
13. Nava S. Rehabilitation of patients admitted to a respiratory intensive care unit. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998 Jul;79(7):849. 54.
14. Chiang L-L, Wang L-Y, Wu C-P, Wu H-D, Wu Y-T. Effects of physical training on functional status in patients with prolonged mechanical ventilation. *Phys Ther*. 2006 Sep;86(9):1271. 81.
15. Martin UJ, Hincapie L, Nimchuk M, Gaughan J, Criner GJ. Impact of whole-body rehabilitation in patients receiving chronic mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2005 Oct;33(10):2259. 65.
16. Needham DM. Mobilizing Patients in the Intensive Care Unit. *JAMA J Am Med Assoc*. 2008 Oct 8;300(14):1685. 90.
17. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009 May 30;373(9678):1874. 82.
18. Van Aswegen H, Myezwa H. Exercise overcomes muscle weakness following on trauma and critical illness. *South Afr J Physiother*. 2008;64(2):36. 42.
19. Hanekom S, Gosselink R, Dean E, van Aswegen H, Roos R, Ambrosino N, et al. The development of a clinical management algorithm for early physical activity and mobilization of critically ill patients: synthesis of evidence and expert opinion and its translation into practice. *Clin Rehabil*. 2011 Sep;25(9):771. 87.
20. Morris PE, Goad A, Thompson C, Taylor K, Harry B, Passmore L, et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2008 Agosto;36(8):2238. 43.
21. Clavet H, Hébert PC, Fergusson D, Doucette S, Trudel G. Joint contracture following prolonged stay in the intensive care unit. *CMAJ Can Med Assoc J J Assoc Medicale Can*. 2008 Mar 11;178(6):691. 7.
22. Amidei C, Sole ML. Physiological Responses to Passive Exercise in Adults Receiving Mechanical Ventilation. *Am J Crit Care*. 2013;22(4):337. 48.
23. Frassinetti F, Rossi M, Làdavas E. Passive limb movements improve visual neglect. *Neuropsychologia*. 2001;39(7):725. 33.

24. Trinity JD, Groot HJ, Layec G, Rossman MJ, Ives SJ, Runnels S, et al. Nitric oxide and passive limb movement: a new approach to assess vascular function: Nitric oxide and passive movement. *J Physiol*. 2012 Mar 15;590(6):1413. 25.
25. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise : foundations and techniques*. Philadelphia, PA: F.A. Davis Co., Publishers; 2002.
26. Burtin C, Clerckx B, Robbeets C, Ferdinande P, Langer D, Troosters T, et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med*. 2009 Sep;37(9):2499. 505.
27. Cristancho W. *Fisioterapia en la UCI. Teoría, experiencia y evidencia*. Colombia: Manual Moderno; 2012.
28. Prentice WE, Prentice WE, editors. *Therapeutic modalities in rehabilitation*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, Medical Pub. Division; 2006.
29. Cristancho Gómez W. *Fisioterapia en la UCI: teoría, experiencia, evidencia*. Bogotá: Manual Moderno; 2012.
30. Watson T, editor. *Electrotherapy: evidence-based practice*. 12th ed. Edinburgh ; New York: Churchill Livingstone; 2008. 401 p.
31. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation. *Chest*. 2003 Jul;124(1):292. 6.
32. Pombo Fernández M. *Electroestimulación entrenamiento y periodización: aplicación práctica al fútbol y 45 deportes*. Barcelona: Paidotribo; 2004.
33. Karatzanos E, Gerovasili V, Zervakis D, Tripodaki E-S, Apostolou K, Vasileiadis I, et al. Electrical muscle stimulation: an effective form of exercise and early mobilization to preserve muscle strength in critically ill patients. *Crit Care Res Pract*. 2012;2012:432752.
34. Routsis C, Gerovasili V, Vasileiadis I, Karatzanos E, Pitsolis T, Tripodaki E, et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuromyopathy: a randomized parallel intervention trial. *Crit Care Lond Engl*. 2010;14(2):R74.
35. Gerovasili V, Stefanidis K, Vitzilaios K, Karatzanos E, Politis P, Koroneos A, et al. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care Lond Engl*. 2009;13(5):R161.