



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
Magíster en Terapia Física con
mención en Rehabilitación Cardiorrespiratoria

Proyecto de Trabajo de Grado de Magíster

“Efectos de la electroestimulación de baja versus
media frecuencia como estrategias para
combatir la atrofia muscular esquelética en
pacientes críticos”

Pablo Guerra Vega

Temuco, 07 de abril de 2020

PROYECTO TRABAJO DE GRADO MAGÍSTER

Terapia Física con mención en Rehabilitación Cardiorrespiratoria

ASPECTOS GENERALES

TITULO:

Efectos de la electroestimulación de baja versus media frecuencia como estrategias para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos

Escriba 3 palabras claves que identifiquen el Trabajo de Grado

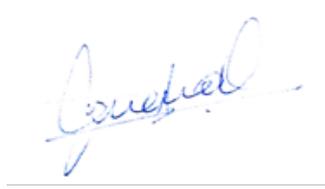
Terapia de electroestimulación	Atrofia muscular esquelética	Paciente crítico
--------------------------------	------------------------------	------------------

DATOS DEL ESTUDIANTE

Guerra	Vega	Pablo Andrés	16.831.640-2
<small>APELLIDO PATERNO</small>	<small>APELLIDO MATERNO</small>	<small>NOMBRES</small>	<small>RUT</small>

Los Picaflores #532, Población El Mirador, Ovejería Alto
<small>DIRECCIÓN PARA ENVÍO DE CORRESPONDENCIA (CALLE, Nº, DEPTO., COMUNA)</small>

Osorno		995063369	
<small>CIUDAD</small>	<small>CASILLA</small>	<small>TELÉFONO</small>	<small>FAX</small>

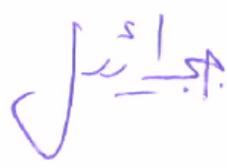
klgo.pabloguerra@gmail.com <small>DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO</small>	
Universidad de la Frontera <small>INSTITUCIÓN</small>	
FIRMA DEL ESTUDIANTE	

DATOS DEL ACADÉMICO GUÍA

Marzuca	Nassr	Gabriel Nasri	12.041.512-3
<small>APELLIDO PATERNO</small>	<small>APELLIDO MATERNO</small>	<small>NOMBRES</small>	<small>RUT</small>

Claro Solar 115, oficina 300, Edificio SA, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera
<small>DIRECCIÓN PARA ENVÍO DE CORRESPONDENCIA (CALLE, Nº, DEPTO., COMUNA)</small>

Temuco		45 2596713	
<small>CIUDAD</small>	<small>CASILLA</small>	<small>TELÉFONO</small>	<small>FAX</small>

gabriel.marzuca@ufrontera.cl <small>DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO</small>	
Universidad de la Frontera <small>INSTITUCIÓN</small>	
FIRMA ACADÉMICO GUÍA	

I RESUMEN:

Introducción: La atrofia muscular esquelética en pacientes críticos es un proceso originado principalmente por el reposo en cama, especialmente en aquellos que requieren manejo con ventilación mecánica por un tiempo mayor a 7 días. Para el manejo de la atrofia muscular esquelética durante la estadía en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), el uso de electroestimulación de baja frecuencia ha demostrado ser una herramienta efectiva para atenuar la pérdida de masa muscular esquelética en el contexto intensivo. Sin embargo, el uso de electroestimulación de media frecuencia, al ser comparada con baja frecuencia en sujetos sanos, ha mostrado mejores efectos en la mantención/aumento de la masa muscular esquelética. Por lo anterior, el propósito del siguiente trabajo de grado es determinar los efectos de la electroestimulación de baja versus media frecuencia, ambas asociadas a terapia física estándar, como estrategias para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos admitidos en UCI.

Metodología: Ensayo clínico aleatorizado, donde se determinó los efectos de la electroestimulación neuromuscular (NMES del inglés, *Neuromuscular Electrical Stimulation*) de baja versus media frecuencia, ambas asociadas a terapia física estándar, en comparación al grupo control (solo terapia física estándar). Entre los meses de Agosto de 2019 y Enero 2020, 54 pacientes fueron ingresados al estudio. La variable primaria fue el porcentaje de atrofia muscular esquelética del cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) evaluado a través de ultrasonografía. Las variables secundarias fueron la fuerza muscular periférica global, fuerza prensil, estado funcional, independencia para las actividades de la vida diaria (AVD), equilibrio dinámico, calidad de vida, días en ventilación mecánica (VM), en estadía en UCI y en estadía hospitalaria.

Resultados: Durante todo el proceso de intervención hubo una disminución total de un -18,58 % del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) en el grupo control, mientras que para los grupos de NMES baja y media frecuencia se observa un incremento total de un 6,05% y un 6,30%, respectivamente ($P=0,06$). En la evaluación de la fuerza muscular periférica global se obtuvieron diferencias significativas al momento de comparar el grupo de NMES media frecuencia con el grupo control durante la evaluación previo al alta hospitalaria ($P<0,001$). En el estado funcional, existen diferencias al momento del alta de UCI entre ambos grupos de NMES (NMES baja frecuencia, 20 ± 3 puntos y NMES media frecuencia, 21 ± 4 puntos) versus el grupo control con 17 ± 3 puntos ($P<0,05$). En el equilibrio dinámico los resultados muestran diferencias significativas en ambas mediciones (previo al alta de la Unidad de Tratamientos Intermedios [UTI] y previo al alta hospitalaria) al comparar grupo NMES baja frecuencia versus grupo control ($P<0,05$) y grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P<0,001$). En cuanto a la independencia en las actividades de la vida diaria (AVD), los resultados muestran diferencias significativas al comparar grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P<0,05$ previo al alta de UTI y $P<0,001$ previo al alta hospitalaria). En la evaluación de la calidad de vida se observan diferencias significativas al momento de comparar el grupo NMES media frecuencia versus el grupo control y el grupo NMES baja frecuencia ($P<0,001$). Por su parte, la estadía hospitalaria fue significativamente menor en el grupo NMES media frecuencia (23 ± 9 días) versus el grupo control (27 ± 5 días).

Conclusiones: Ambas modalidades de NMES (baja o media frecuencia), asociadas a terapia física estándar, son estrategias que pueden ser utilizadas para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos sin observar diferencias entre ellas. Sin embargo, la NMES de media frecuencia logra mejoras significativas en la calidad de vida y equilibrio dinámico previo al alta hospitalaria al ser comparada con el grupo NMES de baja frecuencia. Además, solo la NMES de media frecuencia obtuvo mejoras significativas en la evaluación de la fuerza muscular periférica global y la independencia para realizar las AVD en comparación al grupo control previo al alta de la UTI y previo al alta hospitalaria. Finalmente, la NMES de media frecuencia logró una estadía hospitalaria significativamente menor en comparación al grupo control.

Palabras claves: Terapia de electroestimulación, Atrofia muscular esquelética, Paciente crítico, Terapia física, Unidad de Cuidados Intensivos.

II FORMULACIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

Introducción

La atrofia muscular esquelética en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) se describe como una condición multifactorial que se presenta en un alto porcentaje de pacientes, sobre todo en aquellos que requieren manejo con ventilación mecánica (VM) por un tiempo mayor a 7 días (1). Esta condición, que describe la pérdida de masa muscular esquelética preferentemente de los miembros inferiores, ha sido asociada a múltiples factores de riesgo, entre los cuales destacan los procesos inflamatorios severos, sepsis, falla multiorgánica, uso de sedación, entre otros (2). Estos cuadros clínicos tienen repercusión en variables externas tales como aumento en los días de hospitalización, incremento en los gastos en salud y la disminución de la calidad de vida (3). Diversos mecanismos han sido descritos para explicar la fisiopatología de esta condición, entre los que se incluyen alteraciones de la estructura muscular esquelética, compromiso vascular y trastornos mitocondriales. Estos pacientes presentan repercusiones de carácter físico, psicológico y cognitivo, además de presentar un mayor grado de discapacidad y un menor grado de supervivencia en relación a aquellos pacientes hospitalizados en otras unidades (4). Para el manejo de la atrofia muscular esquelética se han establecido una serie de estrategias de rehabilitación basadas en la movilización temprana y que van orientadas a mejorar el pronóstico funcional de estos pacientes (4). Entre las estrategias de tratamiento se incluye la terapia de electroestimulación muscular, modalidad terapéutica que permite mantener la actividad muscular con o sin la colaboración activa del usuario logrando efectos fisiológicos que benefician y ayudan a la mantención de la masa muscular en pacientes críticos (5).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo consiste en determinar los efectos de la electroestimulación de baja versus media frecuencia, ambas asociadas a terapia física estándar, como estrategias para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos admitidos en UCI.

Atrofia muscular esquelética en pacientes críticos

La debilidad adquirida en UCI (DA-UCI) tiene como eje principal el proceso de atrofia muscular esquelética, consecuencia de los estados inflamatorios sistémicos y que permite la aparición de daño tanto a nivel nervioso como muscular. Esta condición se ha asociado a un aumento de los días en VM y estadía hospitalaria, incrementando los costos de atención en salud y aumentando el riesgo de mortalidad, lo que finalmente repercute sobre la calidad de vida de estos pacientes posterior al alta hospitalaria (1,2).

En este contexto, el reposo en cama durante un período entre 7 a 10 días podría disminuir hasta en un 40% la fuerza muscular, principalmente de los grupos musculares de los miembros inferiores (sóleo, isquiotibiales y cuádriceps). De este último grupo muscular, la porción recto femoral presenta mayor porcentaje de pérdida de masa muscular con un 9%, por sobre el 1% de la porción vasto intermedio y el 0,2% del vasto lateral (4). Lo anterior, repercute principalmente en una reducción de la fuerza de la extremidad inferior y una disminución de la capacidad aeróbica del individuo, secundaria a una disminución de la actividad física (6). A esto, se suma una disminución del área de sección transversal del músculo recto femoral significativo entre el 7° y 10° día de hospitalización en UCI (7).

Factores de riesgo

Los factores de riesgo en el proceso de atrofia muscular esquelética han sido mencionados por diversos autores (2-5, 8-10). Destacando el reposo en cama, estados inflamatorios, sepsis, falla orgánica múltiple, sedación, uso de corticoides y bloqueadores neuromusculares.

Reposo en cama

Fisiológicamente, la masa muscular esquelética es regulada mediante el balance de dos mecanismos: la vía de síntesis y la vía de degradación de proteínas musculares, procesos que involucran diferentes señales moleculares. La vía anabólica de síntesis proteica incluye principalmente las proteínas Akt, mTOR y P70s6K. Por otra parte, la vía catabólica de degradación incluye las proteínas FOXO-1, MuRF-1 y MAFBx/atrogina-1, además de los sistemas de degradación como es el caso del sistema ubiquitina-proteosoma (11). En este contexto, los pacientes críticos sufren un desbalance de ambas vías, como principal motivo por el desuso producido por el reposo en cama. Esta condición desencadenará alteraciones tales como cambios degenerativos, necrosis y degradación de filamentos de miosina principalmente en fibras musculares tipo II, llevando a una atrofia muscular esquelética (12-14).

En el contexto de UCI, se ha descrito que la atrofia muscular esquelética se presenta entre los 3 a 5 días de hospitalización (~0.6% de disminución de masa muscular por día de reposo en cama)(15), condición que se ve incrementada producto del estrés orgánico generado por la propia patología. Sumado a lo anterior, se describe que el reposo en cama aumenta la actividad inflamatoria generando un estímulo que favorece los procesos de atrofia muscular esquelética. En este sentido, el reposo en cama afecta principalmente a la musculatura asociada a la postura, específicamente los músculos extensores de rodilla. Además, producto del desuso, se forman radicales libres de oxígeno, existe activación de calpaínas y caspasas, lo que permite el aumento de la proteólisis muscular y la degradación del sarcómero, alterando la contractilidad muscular (5). Estos cambios en la estructura muscular, provocarán una disminución de la fuerza en rangos entre 1% a 5,5% por día e incluso hasta un 40% de disminución durante la primera semana (16,17).

Inflamación y sepsis

Los estados inflamatorios y sépticos influyen negativamente en el estado de la masa muscular esquelética, actuando principalmente sobre las vías de degradación, generando una disminución del área de sección transversa del músculo. Alterando además su función contráctil, la disponibilidad de aminoácidos y el consumo de oxígeno (2,18,19). En cifras, los pacientes que ingresan con diagnóstico de shock séptico y que requieren el uso de VM, sufren una disminución de 14,5% del área de sección transversal de la porción recto femoral del cuádriceps luego de 10 días en UCI, en comparación con un 10,7% de disminución del área en el mismo músculo señalado anteriormente en aquellos pacientes que no reciben dicho soporte ventilatorio (18). Durante el estado inflamatorio, autores han sugerido un rol importante de la citocina IL-6 como factor inductor de debilidad muscular (19,20). Esta citocina aumenta su concentración principalmente durante la primera semana sumado al aumento en la concentración de factores de crecimiento insulínico, lo que determinaría el daño y la disfunción muscular (21). Sumado a lo anterior, se ha demostrado la presencia de factor de necrosis tumoral alfa y moléculas de adhesión celular e intercelular en pacientes con atrofia muscular esquelética (22). Además, se reportan datos que muestran una disminución de la fuerza y velocidad de la capacidad contráctil del músculo esquelético luego de estados sépticos (23). Incluso, se ha determinado que la sepsis provocaría la expresión de genes responsables de daño tóxico bacteriano en los primeros 5 días de VM, expresión que activaría las vías de degradación muscular y, por otro lado, produciría un fenómeno de regulación negativa (del inglés, *downregulated*) en genes de proteínas HSP70, del metabolismo proteico y de genes involucrados en el mantenimiento del citoesqueleto y sarcómero (24).

Sedación

La sedación es un elemento útil en pacientes críticos por sus efectos sobre la disminución del estrés cardiovascular, sin embargo, esto se ha relacionado con los procesos de atrofia muscular esquelética debido al incremento del catabolismo, desorganización de la estructura muscular y alteración de la excitabilidad iónica del músculo (4,16). En este sentido, el propofol ha sido descrito como un factor de riesgo para desarrollar DA-UCI. Respecto a este punto, autores

indican que un 63,5% de los pacientes que presentan esta alteración, han recibido este agente sedante (9). Adicionalmente, la administración de propofol sugiere la aparición del fenómeno de rhabdomiólisis, representado por un aumento en las concentraciones de creatina kinasa luego de 2-3 días de hospitalización. Además, parece estar relacionado con daño y necrosis en las fibras musculares, degeneración miofibrilar y una reacción inflamatoria constituida principalmente de macrófagos y neutrófilos (25).

Bloqueadores neuromusculares y corticoides

El uso de bloqueadores neuromusculares (BNM) y corticoides también ha sido involucrado en procesos de proteólisis muscular e inhibición de la síntesis de proteínas, favoreciendo la aparición de atrofia y debilidad muscular (9,26). En estudios con modelos animales, se ha observado que la administración de corticoides durante los primeros 5 días de VM, permite el aumento en la concentración de proteínas como MAFbx/atrogina-1 y una disminución de las proteínas HSP70; moléculas involucradas en las vías de degradación y síntesis muscular, respectivamente (24). Siguiendo en la misma línea, el uso de estos fármacos, además provoca aumento en la expresión de genes del sistema ubiquitina-proteosoma, alteración de los filamentos de miosina y una disminución de la fuerza muscular y área de sección transversal (27-29). Respecto al uso de BNM, se ha reportado que la incidencia de atrofia muscular esquelética es de un ~30% en los pacientes que requieren el uso de estos agentes farmacológicos. Conjuntamente, se ha establecido que el uso de BNM es un potente factor de riesgo para el desarrollo de miopatía en UCI (30,31). A pesar de lo anterior, otros autores mencionan que el manejo con BNM no constituye una causa que pueda dar origen al desarrollo de miopatías en pacientes críticos como tampoco podría ser relacionado con el aumento en los días de VM (32).

Consecuencias y pronóstico funcional de la pérdida de masa muscular esquelética en pacientes críticos

En cuanto a las repercusiones físicas y funcionales, la atrofia muscular esquelética podría significar un indicador de discapacidad a corto plazo y, por lo tanto, un factor predictor de recuperación funcional y calidad de vida luego de 6 meses del alta hospitalaria (33,34). Incluso, si se comparan con sujetos sanos, sólo el 27% de los pacientes que cursan con debilidad muscular durante la estadía en UCI, recuperan la masa muscular esquelética perdida a los 6 meses posteriores al alta (12). Es por esto que las conductas terapéuticas deben ir orientadas a la aplicación de estrategias que incluyan manejo nutricional y sedación adecuada, además de la rehabilitación temprana mediante movilizaciones pasivas y activas, bipedestación y deambulación precoz, uso de equipos de electroestimulación, entre otros, con el objetivo de prevenir el deterioro funcional de estos pacientes (35). Autores mencionan que en promedio un 53% de los pacientes que ingresan a UCI sufren un deterioro funcional o fallece posterior a los eventos críticos; un 32% logra ser dado de alta y, si han requerido VM prolongada, sólo un 15% de estos pacientes son dados de alta para sus cuidados en casa (36-38). De este último grupo, aquellos pacientes que padecen una atrofia muscular esquelética importante presentan un mayor daño funcional a los 3 meses luego del alta hospitalaria, principalmente en aspectos físicos e independencia (36). Por lo tanto, las limitaciones funcionales serán factor pronóstico de mortalidad posterior al alta hospitalaria, así como la disminución de los eventos adversos durante la estadía. En este punto, la terapia física toma relevancia debido a los beneficios sobre el estado funcional y la fuerza muscular (39). Sin embargo, la rehabilitación en pacientes críticos ha sido subestimada y poco valorada debido al desconocimiento de la aplicación de protocolos y las variables a las cuales va dirigido. Asimismo, se ha reportado que las principales barreras para iniciar la rehabilitación de pacientes bajo VM son aspectos instrumentales, como por ejemplo, la presencia de líneas sanguíneas arteriales (40). Para esto, se debe procurar la entrega y difusión de todo plan de tratamiento que vaya dirigido a disminuir las secuelas funcionales, aumentando la frecuencia de intervención con el objetivo de identificar y mejorar el status funcional de los pacientes (37,41).

Estrategias de tratamiento para prevenir la pérdida de masa muscular esquelética durante la estadía en UCI

La implementación de protocolos de rehabilitación desde el primer día en UCI ha demostrado favorables efectos sobre las capacidades físicas (42). Esto incluye beneficios a corto plazo sobre la fuerza del músculo cuádriceps, mayor distancia recorrida en el test de marcha 6 minutos al alta hospitalaria y mayor funcionalidad (43,44). Además, la rehabilitación temprana disminuye los costos hospitalarios consecuencia de una menor estadía en UCI (45). Adicionalmente, la movilización temprana en UCI podría reducir la mortalidad hospitalaria y los tiempos de *weaning*, conservar la fuerza muscular respiratoria y de extremidades inferiores (46). Los protocolos guiados por equipos de rehabilitación logran resultados favorables sobre la independencia funcional, reducción de las tasas de delirio y menor incidencia de DA-UCI (47). Por ello, es necesario que los protocolos de intervención sean ajustados según dosis terapéutica, de tal forma se determine su eficacia y relación costo/beneficio a fin de mitigar el deterioro funcional y cognitivo de los pacientes (48). Incluso se ha demostrado que la rehabilitación temprana ha sido relacionada con la disminución del uso de sedación y la disminución de las tasas de reingreso hospitalario luego de un año (49,50). Por otro lado, investigadores han mencionado que, en comparación con los cuidados habituales, la rehabilitación temprana no genera diferencias en relación a la mortalidad durante la estadía hospitalaria y posterior a los 6 meses de alta. Estas diferencias parecen estar dadas por la gravedad de la condición de ingreso, el tiempo en que se ejecutan los protocolos de terapia física y la experiencia del equipo que realiza la intervención (51-53).

De los efectos de las intervenciones propuestas, se ha demostrado que la movilización pasiva logra preservar en un ~35% la fuerza de la extremidad que se somete a intervención comparada con aquella que permanece en desuso (54). De acuerdo a lo anterior, y a pesar de ser una intervención sencilla, al encuestar a una muestra de kinesiólogos que trabajan en UCI en Australia, sólo un 35% declara realizar movilización pasiva entre 2 a 3 veces por semana; un 64,7% durante 5 minutos o menos y un 37% menciona que lo más importante de esta intervención es preservar la función articular (55). Los cambios de posición y lateralizaciones también son descritos como parte de las intervenciones realizadas en UCI. En este sentido, los procedimientos iniciados durante las primeras 48 horas muestran resultados favorables en la disminución de la estadía en UCI y hospital, disminuyen los días de VM, la tasa de reintubación y readmisión en UCI, además de reducir los costos asociados al tratamiento médico (56).

El uso de plataformas vibratorias también ha sido estudiado y sugerido para la etapa de rehabilitación temprana en cuidados intensivos, demostrando que es una intervención segura de realizar, sin generar alteración hemodinámica, logrando estimular la musculatura y mejorando el metabolismo del tejido mencionado (57).

En cuanto al uso del cicloergómetro, se ha demostrado que su uso durante 35 minutos no muestra efectos adversos en aspectos respiratorios, metabólicos y hemodinámicos en comparación con los valores de reposo. Estos resultados sugieren que podría ser una intervención factible para mejorar la función muscular y articular (58). Además, durante el uso de este dispositivo se reduciría el estrés oxidativo a nivel muscular, disminución de citocinas pro inflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa e incluso un leve aumento de citocinas anti inflamatorias como IL-10 (59). En relación a las mesas de inclinación (del inglés, *tilt table*), el uso durante 30 minutos permitiría mejorar la ventilación y expansión pulmonar, la fuerza muscular inspiratoria y el estado de conciencia, aumentar el volumen corriente, además de mejorar el intercambio gaseoso del paciente a través de la relación Pa/FiO₂ (60-62). Sin embargo, en un estudio llevado a cabo en Australia, sólo un 21% de los kinesiólogos declara utilizar mesas de inclinación más de una vez por semana y un 40,3% menciona hacer uso de ella menos de una vez por mes. A pesar de lo anterior, el uso de esta herramienta terapéutica se recomienda para preservar rangos de movimiento, mejorar o mantener la fuerza muscular, practicar ejercicios de estiramiento pasivo, estimular el balance y mejorar la función cognitiva (63,64).

En resumen, los autores sugieren que la implementación de protocolos de movilidad temprana y rehabilitación debe ser ejecutada por terapeutas físicos, mediante una metodología planificada y con la mínima cantidad de efectos adversos posibles. Esto además debiera incluir

intervenciones de movilización pasiva y activa de extremidades, ejercicios de giros y sedestación al borde de la cama, ejercicios con pedaleras, transferencias desde la camilla a la silla de ruedas, facilitar la deambulaci3n y el uso de dispositivos de electroestimulaci3n neuromuscular (NMES, del ingl3s *Neuromuscular electrical stimulation*) (41,65).

Electroestimulaci3n neuromuscular (NMES)

La NMES se divide de acuerdo a la cantidad de frecuencia del est3mulo entregado. La NMES de baja frecuencia llega hasta los 1.000 Hz, la de media frecuencia entre los 1.000-10.000 Hz y la de alta frecuencia > a 10.000 Hz. La modalidad de uso cotidiano por parte de kines3logos, son en mayor porcentaje de baja frecuencia (debido a factibilidad econ3mica) (66).

En el contexto de los pacientes cr3ticos, la NMES ha sido descrita dentro de las nuevas herramientas que se pueden utilizar en el contexto de rehabilitaci3n temprana (en mayor medida el uso de NMES de baja frecuencia), al mismo tiempo que puede ser aplicada en pacientes bajo sedaci3n en conjunto con ejercicios de movilidad articular pasiva durante los primeros d3as del ingreso a la UCI (67). Conjuntamente, la elecci3n y aplicaci3n de la NMES debe seguir reglas adecuadas en funci3n de programaci3n, dosis y frecuencia para lograr un reclutamiento muscular 3ptimo (68,69).

Se ha mencionado que la terapia con NMES de baja frecuencia se asocia con una disminuci3n de los d3as en VM (70), disminuye la limitaci3n de las actividades de la vida diaria (71), produce cambios favorables en los rangos de movimiento articular (72), favorece los procesos de *weaning* (66) e incrementa la distancia recorrida medido a trav3s del test de marcha de los 6 minutos (73). En relaci3n a las v3as de s3ntesis y degradaci3n proteica en el m3sculo esquel3tico, la NMES de baja frecuencia muestra resultados favorables en funci3n de disminuir la v3a de degradaci3n muscular, evita la p3rdida de fibras musculares tipo I y tipo II, adem3s de inducir y provocar la movilizaci3n de c3lulas progenitoras endoteliales en el contexto de disfunci3n endotelial en pacientes cr3ticos. Esto 3ltimo, considerando la utilizaci3n de NMES de baja frecuencia e intensidades bajas e intermedias, sin diferencias significativas entre ambas intervenciones (74,75). En el uso de estas mismas modalidades de tratamiento, autores han reportado cambios favorables en variables microcirculatorias como la saturaci3n de ox3geno tisular, sin generar efectos adversos y con buena tolerancia de los pacientes ante los incrementos progresivos de intensidad. Esto aplicado desde fases agudas de la enfermedad o en el contexto de DA-UCI (76). Por 3ltimo, autores han reportado, con el uso de NMES de baja frecuencia en pacientes cr3ticos, un aumento de la fuerza en un ~10% luego de dos semanas de tratamiento en comparaci3n al grupo control (70).

Por otra parte, la NMES de media frecuencia en sujetos sanos, aumenta la fuerza muscular en mayor magnitud al ser comparada con NMES de baja frecuencia (77), al mismo tiempo que permite aumentar la habilidad funcional luego de 10 d3as de tratamiento (78). Sin embargo, en pacientes cr3ticos, el uso de NMES de media frecuencia es todav3a escaso.

Un estudio reporta que el uso de NMES de media frecuencia fue efectivo para aumentar la fuerza muscular perif3rica global en pacientes cr3ticos. Lo anterior, utilizando corrientes de media frecuencia de forma aislada durante 45 minutos por cada sesi3n, realizando 1 sesi3n diaria (79). Incluso, en estudios experimentales en modelos animales, la NMES de media frecuencia ha demostrado la capacidad de prevenir la p3rdida de la masa muscular esquel3tica y prevenir la reducci3n del 3rea de secci3n transversa de las fibras del m3sculo recto femoral del cu3driceps durante la primera semana de intervenci3n (80). Adem3s, esta modalidad de intervenci3n ha demostrado ser factible y segura de realizar en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva cr3nica (EPOC), sin involucrar respuestas respiratorias y cardiovasculares de peligro, adem3s de no mostrar diferencias en variables como el consumo de ox3geno, disnea y tolerancia a la fatiga (81).

De acuerdo a nuestra b3squeda de la literatura realizada, no existen estudios que comparen la NMES de baja frecuencia versus media frecuencia como estrategias para combatir la atrofia muscular esquel3tica en pacientes cr3ticos.

III PREGUNTA, OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos de la electroestimulación de baja versus media frecuencia, ambas asociadas a terapia física estándar, como estrategias para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos?

Objetivos

Objetivo general

Determinar las diferencias de la electroestimulación neuromuscular de baja versus media frecuencia, ambas asociadas a terapia física estándar, como estrategias para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos admitidos en UCI.

Objetivos específicos

- Comparar el porcentaje de atrofia muscular esquelética en el músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) entre los sujetos de estudio mediante la evaluación con ultrasonografía durante el período de estadía en UCI.
- Comparar la fuerza muscular periférica global a través de la escala *Medical Research Council Sum Score* (MRC-SS) y fuerza prensil a través de dinamometría durante el período de hospitalización entre los grupos de estudio.
- Comparar el estado funcional de los pacientes mediante la escala *Functional Status Score for the Intensive Care Unit* (FSS-ICU) posterior a la etapa de sedación durante la estadía en UCI.
- Comparar las diferencias en los niveles de independencia en las actividades de la vida diaria mediante el Índice de Barthel previo al alta de la Unidad de tratamientos Intermedios (UTI) y previo al alta hospitalaria.
- Comparar las diferencias en el equilibrio dinámico mediante el test *Time Up and Go* (TUG) previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria.
- Comparar los niveles de calidad de vida relacionada con la salud entre los sujetos de estudio a través del cuestionario SF-36 previo al alta hospitalaria.

IV METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio de carácter experimental, el cual fue aprobado por el Comité de Ética Científico del Servicio de Salud de la ciudad de Valdivia y autorizado por el Comité de Ética Asistencial del Hospital Base San José de la ciudad de Osorno (Anexos 1 y 2, respectivamente). En total, fueron reclutados 54 pacientes admitidos en la UCI del Hospital Base San José en la ciudad de Osorno durante los meses de Agosto de 2019 y Enero de 2020 (Figura 1). En la Tabla 1 se describen los criterios de inclusión y exclusión. La naturaleza y riesgos de la intervención y procedimientos fueron previamente explicados a los familiares de cada paciente al momento de ingreso a UCI. La muestra fue dividida y aleatorizada en tres grupos. Este procedimiento fue realizado por un colaborador independiente utilizando un *software* digital (www.randomizer.org). Previo al inicio del estudio, para cada participante se determinó el grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) a través de ultrasonografía. Inicialmente, todos los participantes fueron sometidos a terapia física estándar según protocolo de movilización temprana descrito en investigaciones previas (82). El primer grupo (**grupo control**) recibió terapia física estándar (movilización pasiva). El segundo grupo recibió terapia física estándar más electroestimulación de baja frecuencia (**grupo NMES baja frecuencia**). El tercer grupo recibió terapia física estándar más electroestimulación de media frecuencia (**grupo NMES media frecuencia**). Adicionalmente, se registraron datos de ingreso referente al diagnóstico médico, los *Score* de gravedad *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II* (APACHE II) y *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA) con los datos obtenidos al ingreso a UCI, valores de Índice de Masa Corporal (IMC), antecedentes mórbidos, antecedentes quirúrgicos, tratamiento farmacológico utilizado, exámenes de laboratorio diario, registros hemodinámicos durante la intervención y balance hídrico. El período de estimulación finalizó en el momento en que el paciente inició la etapa de disminución de la sedación. En este punto se procedió a evaluar nuevamente el grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio), además de determinar el puntaje de la fuerza muscular periférica global mediante la escala MRC-SS, la fuerza prensil y el estado funcional en cada paciente de los grupos de estudio. Posteriormente, se evaluó la misma condición al momento del alta desde la UCI, luego al momento del alta de la Unidad de Tratamientos Intermedios (UTI) y, finalmente, durante el egreso de sala básica en el servicio de cirugía o medicina según corresponda. Sumado a lo anterior, se determinaron los tiempos del test TUG, el puntaje en el Índice de Barthel y se aplicó el cuestionario SF-36 previo al alta hospitalaria. Adicionalmente, se registraron los días de VM y los días en cada una de las unidades del hospital (Figura 2).

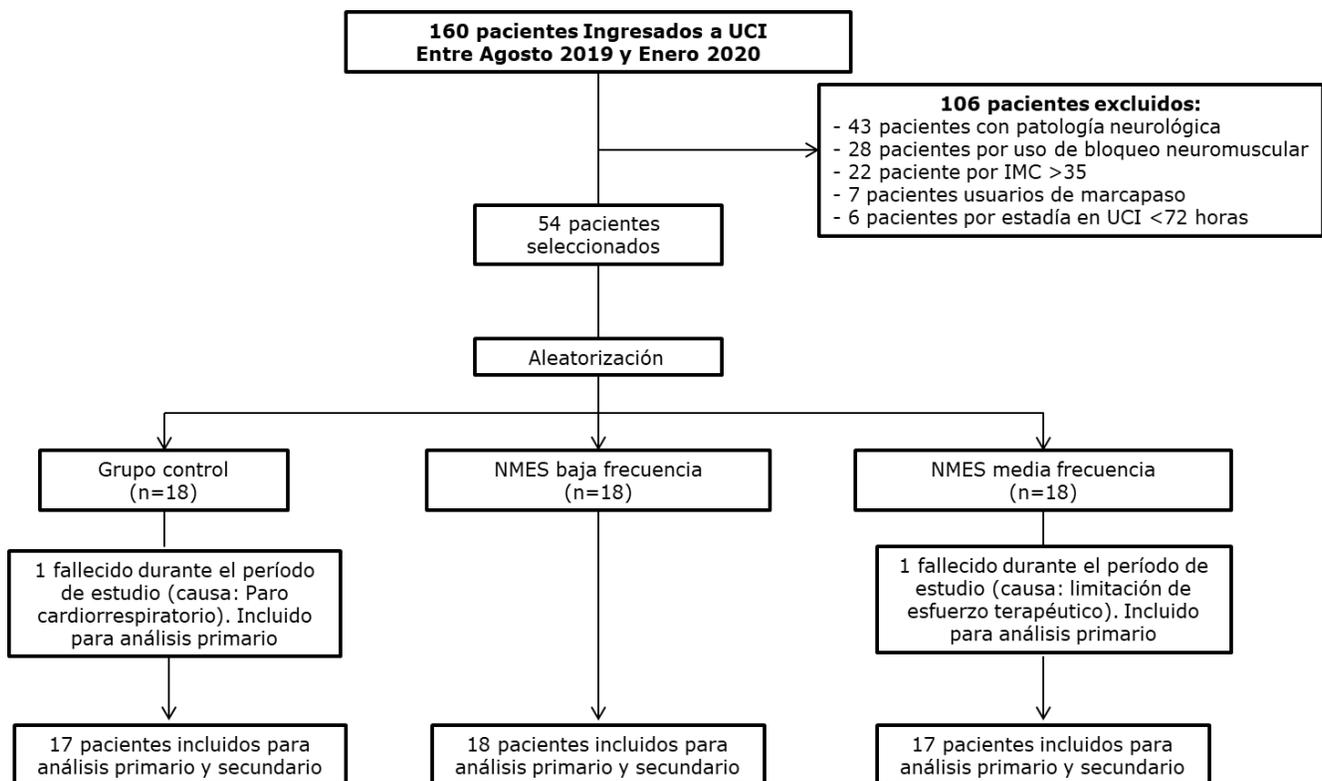


Figura 1. Flujograma procedimiento de aleatorización y análisis. **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular (del inglés, *Neuromuscular Electrical Stimulation*); **IMC:** Índice de Masa Corporal; **UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

<i>Criterios de inclusión</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes admitidos en UCI con necesidad de ventilación mecánica por más de 72 horas.
<i>Criterios de exclusión</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes menores de 18 años y mayores de 80 años. • Pacientes que no requieran uso de sedación durante su estadía. • Paciente con diagnóstico de lesión medular. • Paciente con diagnóstico accidente vascular encefálico (Hemiplejia-Hemiparesia). • Paciente usuario de marcapasos. • Paciente con antecedentes de trombosis venosa profunda (TVP). • Embarazadas. • Pacientes con patología cardíaca (infarto previo o anomalías congénitas). • Pacientes en tratamiento con bloqueo neuromuscular. • Pacientes politraumatizados que requieran uso de tutores externos.

Etapa de intervención en UCI				Etapa de seguimiento		
Intervenciones (2 sesiones/día)	24 hrs Post ingreso UCI	UCI día 4	Despertar en UCI S5Q $\geq 3/5$	Previo alta de UCI	Previo alta de UTI	Previo alta hospitalaria
Grupo control	Terapia estándar	Ultrasonografía	Ultrasonografía	MRC-SS Fuerza prensil FSS-ICU Días VM Días UCI	MRC-SS Fuerza prensil TUG Índice de Barthel	MRC-SS Fuerza prensil TUG Índice de Barthel SF-36 Estradía hospital
NMES baja frecuencia	Terapia estándar + NMES BF	Ultrasonografía	Ultrasonografía MRC-SS Fuerza prensil FSS-ICU	MRC-SS Fuerza prensil FSS-ICU Días VM Días UCI	MRC-SS Fuerza prensil TUG Índice de Barthel	MRC-SS Fuerza prensil TUG Índice de Barthel SF-36 Estradía hospital
NMES media frecuencia	Terapia estándar + NMES MF	Ultrasonografía	Ultrasonografía	MRC-SS Fuerza prensil FSS-ICU Días VM Días UCI	MRC-SS Fuerza prensil TUG Índice de Barthel	MRC-SS Fuerza prensil TUG Índice de Barthel SF-36 Estradía hospital

Figura 2. Diseño general del estudio: Etapa de intervención en UCI y etapa de seguimiento. **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular (del inglés, *Neuromuscular Electrical Stimulation*); **BF:** baja frecuencia; **MF:** media frecuencia. **MRC-SS:** *Medical Research Council Sum-Score*; **S5Q:** *Standardized Five Questions*; **FSS-ICU:** *Functional Status Score for the Intensive Care Unit*; **TUG:** *Time Up and Go*; **SF-36:** *Short Form-36*-Cuestionario calidad de vida; **VM:** Ventilación mecánica; **UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos; **UTI:** Unidad de tratamientos Intermedios.

Screening inicial

Los sujetos fueron seleccionados según los criterios de inclusión y exclusión mencionados en la Tabla 1. Se tomó contacto con los familiares para explicar el objetivo del trabajo e informar el ingreso al estudio. Con el asentimiento de la familia o representante legal el sujeto fue evaluado por médico para recibir la indicación. Posterior a esto, se contempló el registro de datos demográficos y clínicos del paciente, así como el diagnóstico y *score* de gravedad que permitieron cuantificar el grado de severidad presente.

Cálculo del tamaño muestral

El tamaño de la muestra (N) se calculó con una potencia del 80% y un nivel de significancia de 0,05 a través de la herramienta para cálculo muestra G-Power (Figura 3).

Para el cálculo de la potencia se utilizó la variación del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) medido a través de ultrasonografía y expresado en porcentaje como criterio de valoración principal. De acuerdo a estudios anteriores, se espera que el grosor muscular disminuya significativamente menos en el grupo con electroestimulación luego del período de intervención con un valor de $-8 \pm 3,9\%$ en comparación con el grupo control (83). Usando estos datos, el cálculo del tamaño muestral es el siguiente:

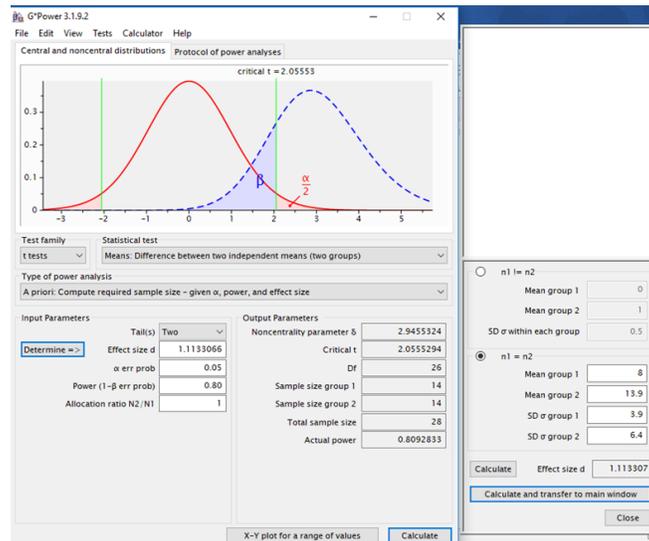


Figura 3. Cálculo del tamaño muestral

De acuerdo al cálculo del tamaño muestral y para efectos de la asignación de pacientes en los 3 grupos descritos (control, NMES baja frecuencia y NMES media frecuencia) se necesita un mínimo de 42 pacientes (14 por grupo) para mostrar una diferencia en los cambios del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio). Considerando una tasa de abandono del 30% durante el ensayo experimental, el número final de sujetos que se debió reclutar es de 18 participantes por grupo.

Intervenciones

Un único profesional estuvo a cargo de ejecutar las intervenciones durante el período de investigación. Previo a la aplicación de éstas, se registraron datos farmacológicos, ventilatorios y hemodinámicos que permitieron establecer el estado del paciente así como el comportamiento del mismo durante la movilización y la aplicación de electroestimulación.

Terapia física estándar

Todos los participantes fueron sometidos a terapia física estándar mediante un protocolo de movilización pasiva publicado previamente (82). Esta intervención involucra la movilización pasiva de extremidades inferiores, específicamente en los rangos de flexión de cadera, flexión y extensión de rodilla, flexión y extensión de tobillo. Se realizó 1 serie de 10 repeticiones de manera bilateral. Esta intervención fue realizada dos veces en el día, la primera durante la jornada de la mañana (08:00 – 12:00) y la segunda durante la jornada de la tarde (14:00 – 18:00).

Electroestimulación de baja y media frecuencia

El protocolo de electroestimulación considera el uso de un equipo de 4 canales (Sonopuls 492, serie 4, Enraf-Nonius®, Rotterdam, Holanda). Se realizaron dos sesiones, una en jornada AM (08:00 – 12:00) y otra en jornada PM (14:00 – 18:00) siempre de forma posterior a la terapia física estándar. Se utilizaron 2 electrodos en cada muslo, localizados en el punto motor del músculo cuádriceps. El punto motor se ha establecido en un estudio previo (84) y cuya localización se establece tomando como referencia la distancia entre la espina iliaca antero superior (EIAS) y el borde superior de la patela, ubicando el punto medio de esta medición. Desde este lugar se marcan 5 centímetros hacia proximal y 10 centímetros hacia distal, estableciendo de esta manera, 15 centímetros de distancia entre ambos electrodos (Figura 4). La posición de los electrodos fue señalada con un marcador semi-permanente de tal forma utilizar el mismo punto de estimulación para cada sesión. El protocolo de NMES baja frecuencia se compone de una frecuencia de tratamiento de 100 Hz, ancho de pulso de 400 milisegundos, período ON 5 segundos (1 segundo de ascenso, 3 segundos de mantención y 1 segundo de descenso) y un período OFF de 10 segundos. El protocolo de NMES media frecuencia lo compone una frecuencia portadora de 2.500 Hz, frecuencia de tratamiento de 100 Hz, período ON 5 segundos (1 segundo de ascenso, 3 segundos de mantención y 1 segundo de descenso) y un período OFF de 10 segundos. Ambos protocolos de estimulación fueron aplicados durante 20 minutos por cada sesión (40 minutos de NMES por día de tratamiento). La intensidad de la estimulación fue establecida una vez se logre una contracción visible y palpable, y cuyo nivel fue ajustado cada 3 minutos de tal forma se mantenga la estimulación de manera constante durante el tiempo señalado. En una planilla de datos fue registrada la intensidad (mA) al iniciar la contracción muscular y la intensidad al finalizar el tratamiento.

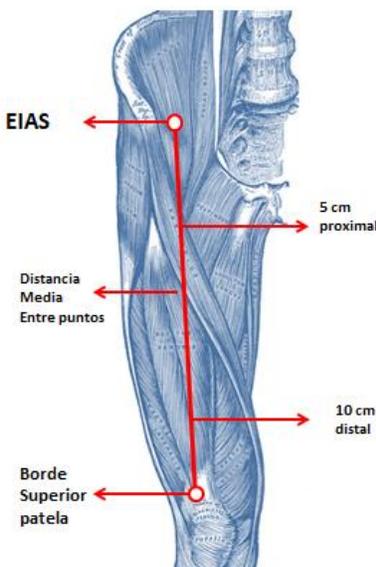


Figura 4. Punto motor y localización de electrodos

VARIABLES DE ESTUDIO

Atrofia muscular esquelética y calidad muscular

El grosor del músculo cuádriceps será cuantificado mediante ultrasonografía para determinar el porcentaje de atrofia muscular esquelética. Se utilizó un equipo de ultrasonografía (GE Logiq e BT11, General Electric, Boston, Massachusetts, Estados Unidos) usando un transductor lineal de 10 MHz. La medición estuvo a cargo de un radiólogo con experiencia en exámenes de ultrasonografía (Evaluador 1). Ésta fue efectuada en el músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio), en la zona media de la línea resultante entre la espina iliaca antero-superior y el borde superior de la patela. El transductor fue posicionado de manera perpendicular al plano muscular previa aplicación de gel transductor. El punto de medición fue marcado para estandarizar la zona donde fue reevaluado. Los pacientes se encontraron en posición supina con la rodilla en extensión completa y rotación neutra. La primera imagen fue tomada entre las 24 horas posteriores del ingreso a UCI y antes del comienzo de la primera sesión de intervención, luego en el día 4 (previo a la sesión AM) y, finalmente, el día en que el paciente despierte (puntaje en escala *Standardized Five Questions* [S5Q] $\geq 3/5$ en las 12 horas posteriores a la última sesión). La validez de esta técnica de medición ha sido demostrada en un estudio previo (83). Adicionalmente, se determinó la calidad muscular a través de la escala Heckmatt. Esta escala presenta una clasificación entre 1 y 4, donde el valor 1 corresponde a un músculo de ecogenicidad normal; 2 leve aumento de la ecogenicidad muscular con reflejo óseo normal; 3 moderado aumento de la ecogenicidad muscular con reflejo óseo reducido y 4, excesivo aumento de la ecogenicidad muscular con reflejo óseo ausente (85).

Fuerza muscular periférica global

La valoración y cuantificación de la fuerza muscular periférica global fue realizada mediante la escala MRC-SS (86) una vez que el sujeto inició con el procedimiento de disminución de la sedación y presentó un puntaje $\geq 3/5$ en la escala S5Q. Esta medición fue efectuada por un segundo evaluador de manera independiente (Evaluador 2) (82). Esta medición se realizó al momento del despertar en UCI, previo al alta de la UCI, previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria en los servicios de cirugía o medicina según corresponda.

Fuerza prensil

La valoración de la fuerza prensil, mediante dinamometría, tiene como objetivo la valoración de la fuerza isométrica en pacientes que tienen la capacidad para colaborar y que presentan un puntaje ≥ 3 en la escala MRC-SS (87). Se utilizó un dinamómetro digital JAMAR (Patterson Medical, Nottinghamshire, Reino Unido). Su registro se llevó a cabo con el paciente sentado en la cama clínica con el respaldo posicionado en 90° y el codo en 90°. El esfuerzo prensil se realizó manteniendo por 3 segundos la presión y con una pausa de 30 segundos entre cada intento. El mejor valor de tres intentos se consideró en el registro final (88). Esta medición se realizó al momento del despertar en UCI, previo al alta de la UCI, previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria en los servicios de cirugía o medicina según corresponda. Esta medición fue realizada por un segundo evaluador de manera independiente (Evaluador 2).

Capacidad Funcional medida a través del Functional Status Score for the Intensive Care Unit (FSS-ICU)

El estado funcional valorado a través de la escala FSS-ICU tiene como finalidad evaluar el desempeño físico de los pacientes que se encuentran internados en las UCI (89). Esta escala fue aplicada al momento de despertar de la UCI y posteriormente previo del alta de la UCI. Esta medición fue realizada por un segundo evaluador de manera independiente (Evaluador 2).

Test Time Up and Go (TUG)

La movilidad funcional y balance dinámico fue evaluado a través del test TUG previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria. El paciente inició la prueba sentado, con la espalda apoyada en el respaldo y las manos sobre el muslo. Posteriormente, un comando de voz dio el inicio a la prueba donde el sujeto debió recorrer una distancia de 3 metros y volver a su posición inicial. En ese momento, el tiempo se detuvo y se procedió al registro correspondiente (90). Esta medición fue realizada por un segundo evaluador de manera independiente (Evaluador 2).

Índice de Barthel

El índice de Barthel permite evaluar el grado de independencia para la ejecución de las actividades de la vida diaria en función de la ayuda que los evaluados requieren para ejecutar las tareas descritas. El índice fue evaluado previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria (91). Esta medición fue realizada por un segundo evaluador de manera independiente (Evaluador 2).

Calidad de vida: Cuestionario SF-36

La aplicación del cuestionario SF-36 permite evaluar la calidad de vida a través de preguntas sobre el estado funcional, emocional, bienestar social y evaluación general de la salud. Esta escala ha sido descrita como una herramienta útil para evaluar los resultados después de una enfermedad crítica (92). Esta escala fue aplicada previo al alta hospitalaria durante la estadía en los servicios de cirugía o medicina. Esta medición fue realizada por un segundo evaluador de manera independiente (Evaluador 2).

Registro clínico de cada paciente

De manera adicional, diariamente se registró la siguiente información de cada paciente: soporte farmacológico recibido, exámenes de laboratorio, balance hídrico, parámetros hemodinámicos antes y después de cada intervención. Además, se llevó registro de los días en ventilación mecánica, estadía en UCI y estadía hospitalaria.

Análisis estadístico

Los datos fueron tabulados y procesados en el software GraphPad Prism 8. Los resultados se presentan como media±desviación estándar. Inicialmente, se utilizó la prueba de kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos. Como existió normalidad, se utilizó la prueba ANOVA *one-way* con post test de Bonferroni para la comparación de variación posterior a la intervención entre los 3 grupos de estudio y ANOVA *two-way* con post test de Bonferroni para la comparación pre-post intervención entre los 3 grupos de estudio. Los datos fueron analizados y considerados *outliers* de acuerdo a *Grubbs' test-GraphPad Software* (graphpad.com/quickcalcs/Grubbs1.cfm). Se consideró un valor de $P < 0,05$ para diferencia significativa.

V PLAN DE TRABAJO

A continuación se presenta el Plan de Trabajo del presente estudio.

ETAPA Y/O ACTIVIDADES	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Redacción inicial de proyecto												
Reuniones con docente guía												
Formulación de trabajo de grado 1												
Defensa trabajo de grado 1												
Correcciones de Informe												
Reuniones con candidatos a colaboración												
Elaboración final trabajo de grado 1												
Año 2												
ETAPA Y/O ACTIVIDADES	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Envío proyecto comité de ética												
Adquisición de insumos												
Reuniones de coordinación HBSJO y colaboradores												
Screening de pacientes												
Tratamiento												
Evaluación final												
Año 3												
ETAPA Y/O ACTIVIDADES	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Screening de pacientes												
Tratamiento												
Evaluación final												
Ingreso de datos estadísticos												
Discusión de datos y conclusiones												
Redacción de manuscrito y trabajo de grado 3												
Preparación y presentación examen de grado												

HBSJO: Hospital Base San José Osorno

VI RESULTADOS

Cincuenta y cuatro pacientes ingresados a la UCI del Hospital Base San José de la ciudad de Osorno fueron incluidos en el presente estudio. Dos pacientes fallecieron consecuencia de la gravedad de su diagnóstico de ingreso (el primero con diagnóstico de politraumatismo falleció a causa de un paro cardiorrespiratorio el día 12 de su estadía en UCI y el segundo con diagnóstico de shock séptico con foco abdominal falleció debido a una limitación del esfuerzo terapéutico el día 11 de su estadía en UCI), y cuyos datos de ingreso, registro clínico y tiempo de intervención hasta el momento de su fallecimiento fueron incluidos en los resultados. Las características clínicas de los sujetos se describen en la Tabla 2. Al inicio no se observan diferencias significativas entre los grupos de estudio ($P < 0,05$).

Tabla 2. Características basales de los sujetos

	Grupo control (n=18)	NMES Baja frecuencia (n=18)	NMES Media frecuencia (n=18)	Valor P
Mujeres	9	6	8	
Hombres	9	12	10	
Edad promedio	53±18	62±11	59±17	0,19
Talla (cm)	164±6	165±8	166±7	0,58
Peso (kg)	71±8	76±10	75±8	0,14
IMC	26,1±2,8	27,9±2,8	27±1,7	0,12
APACHE II	32±3	33±3	31±3	0,26
SOFA	14±1	14±1	15±2	0,059

NMES: Electroestimulación Neuromuscular (del inglés, *Neuromuscular Electrical Stimulation*); **IMC:** Índice de Masa Corporal; **APACHE II:** *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation*; **SOFA:** *Sequential Organ Failure Assessment Score*

Diagnóstico de ingreso, comorbilidades y tratamiento farmacológico

El mayor porcentaje de ingresos correspondió al shock séptico (12 [22,2%]), seguido de sepsis severa (11 [20,3%]), patologías abdominales (10 [18,5%]) y cuadros respiratorios (9 [16,6%]). Otras causas incluyen ingresos por trastornos psiquiátricos (4 [7,4%]), politraumatismos (3 [5,5%]), patologías circulatorias (2 [3,7%]), fallas renales (2 [3,7%]) y neuroquirúrgico (1[1,8%]).

Respecto a las comorbilidades, la presencia de hipertensión arterial lidera los antecedentes mórbidos (64%), seguido de Diabetes Mellitus (50%), dislipidemia (38,8%), patología cardíaca (24%), patología renal (22,2%) y artrosis (14,8%).

En relación al manejo farmacológico, el uso de sedación, la administración de drogas vasoactivas y fármacos de uso rutinario (anticoagulantes, protectores gástricos, analgésicos) se efectuó en el 100% de la muestra. Un 70% recibió tratamiento antibiótico; de los cuales 11 pacientes (28,9%) corresponden al grupo control, 14 pacientes (36,8%) al grupo NMES baja frecuencia y 13 pacientes (34,2%) al grupo NMES media frecuencia. Respecto al uso de corticoides, éstos fueron utilizados por el 54% de la muestra; 8 pacientes (27,5%) pertenecientes al grupo control, 11 pacientes (37,9%) pertenecientes al grupo NMES baja frecuencia y 10 pacientes (34,4%) pertenecientes al grupo NMES media frecuencia. Por su parte, un 31,4% del total de la muestra utilizó broncodilatación asociado a ingresos por causa respiratoria.

Días en ventilación mecánica, estadía en UCI, estadía hospitalaria total e intervenciones

En cuanto a los días en VM, el grupo control estuvo en promedio 9±2 días, el grupo NMES baja frecuencia 9±2 días y el grupo NMES media frecuencia 8±2 días ($P=0,71$). Respecto a los días de estadía en UCI los resultados fueron 12±2 días para el grupo control, 11±2 días para el grupo NMES baja frecuencia y 10±3 días para el grupo NMES media frecuencia ($P=0,37$). Por su parte, los días promedio de estadía hospitalaria fue de 27±5 días para el grupo control, 27±5 días para el grupo NMES baja frecuencia y 23±9 días para el grupo NMES media frecuencia. El análisis estadístico muestra diferencias significativas a favor del grupo NMES media frecuencia en comparación con el grupo control ($P < 0,05$). No existen diferencias entre el grupo control y grupo

NMES baja frecuencia, tampoco entre ambos grupos de NMES ($P \geq 0,05$).

Con respecto a la cantidad de sesiones de terapia física estándar, el grupo control recibió en promedio 11 ± 3 sesiones. Por otro lado, los grupos de NMES baja frecuencia y media frecuencia recibieron terapia física estándar en promedio 9 ± 3 y 11 ± 4 sesiones, respectivamente sumado a las sesiones de NMES ($P = 0,21$).

Por último, al considerar los grupos con NMES, el grupo de NMES baja frecuencia realizó en promedio 9 ± 3 sesiones de tratamiento con una intensidad inicial de 40,2 mA e intensidad final de 47,2 mA en cada sesión. Por su parte, el grupo de NMES media frecuencia realizó en promedio 11 ± 4 sesiones de tratamiento con una intensidad inicial de 54,5 mA e intensidad final de 64,04 mA por sesión.

Ultrasonografía y atrofia muscular esquelética

Los promedios iniciales registrados del grosor del músculo cuádriceps (recto anterior-vasto intermedio) fueron de $27,25 \pm 8,3$ mm en el grupo control; $25,29 \pm 8$ mm en el grupo NMES baja frecuencia y $27,41 \pm 8,9$ mm en el grupo NMES media frecuencia. No se observan diferencias significativas en la medición inicial del músculo mencionado al comparar los tres grupos descritos ($P \geq 0,05$). Los resultados de la variación porcentual en los tres grupos de estudio en el día 4 de estadía en la UCI muestran una disminución del grosor del cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) en el grupo control de $27,25 \pm 8,3$ mm a $24,43 \pm 9,24$ mm, equivalente a un -10,76%. Para el grupo de NMES baja frecuencia se observó un aumento de $25,29 \pm 8$ mm a $26,54 \pm 6,68$ mm, equivalente a un 9,79%. Por último, para el grupo NMES media frecuencia se observa un incremento de $27,41 \pm 8,9$ mm a $31,49 \pm 8,61$ mm, que corresponde a un 13,16%. Al momento de comparar los grupos de estudios (inicio versus día 4), se establecen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo NMES baja frecuencia ($P < 0,01$) y entre el grupo control y el grupo de NMES media frecuencia ($P < 0,001$). No existen diferencias significativas entre el grupo control y NMES baja frecuencia y entre ambos grupos de NMES ($P \geq 0,05$).

Al considerar aquellos pacientes que prolongaron su estadía posterior al día 4, el promedio final del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) fue para el grupo control de $22,76 \pm 6,68$ mm equivalente a un -18,58 % de disminución. Por su parte, el grupo NMES baja frecuencia registró un valor promedio final de $22,92 \pm 4,2$ mm lo que equivale a un aumento de un 6,05%, mientras que para el grupo NMES media frecuencia el promedio final fue de $30,77 \pm 10$ mm equivalente a un incremento de 6,3%. Estos resultados muestran diferencias significativas entre el grupo control y grupo NMES baja frecuencia ($P < 0,05$) y grupo control versus grupo NMES media frecuencia ($P < 0,01$). No se observan diferencias significativas entre ambos grupos de NMES ($P \geq 0,05$).

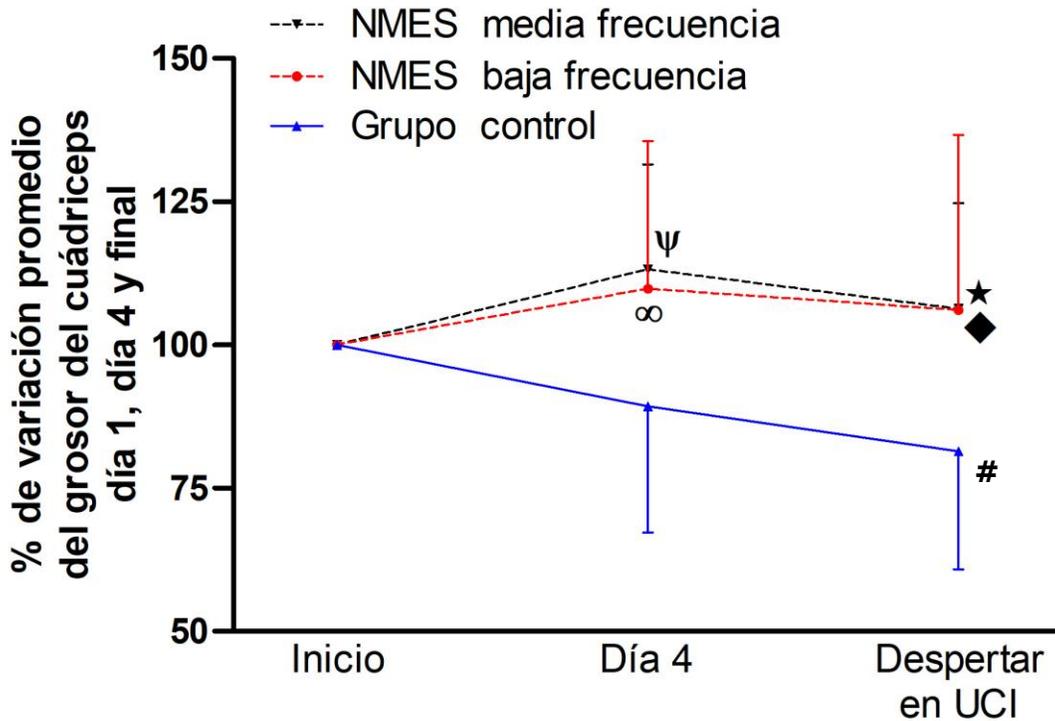


Figura 5. Porcentaje (%) promedio de variación del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) al momento de evaluación al inicio, día 4 y Despertar en UCI. #: Diferencias significativas grupo control entre medición inicio y despertar en UCI ($P < 0,05$). ∞: Diferencias significativas entre Grupo control y NMES baja frecuencia ($P < 0,01$). ψ : Diferencias significativas entre Grupo control y NMES media frecuencia ($P < 0,001$). ♦: Diferencias significativas entre Grupo control y NMES baja frecuencia ($P < 0,05$). ★: Diferencias significativas entre Grupo control y NMES media frecuencia ($P < 0,01$). No se observan diferencias entre el grupo NMES baja frecuencia y el grupo NMES media frecuencia ($P \geq 0,05$). Inicio, $n=18$ para los 3 grupos de estudio. Día 4, $n=17$ para el Grupo control, $n=18$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=17$ para el grupo de NMES de media frecuencia. Despertar en UCI, $n=8$ para el Grupo control, $n=10$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=11$ para el grupo de NMES de media frecuencia.

Con respecto a la calidad muscular medida mediante la escala de Heckmatt, se puede observar en la Figura 6 las imágenes representativas de cada grupo de estudio. De la muestra total, 67% de los sujetos cursaron su estadía con valores Heckmatt 1 y el 37% restante con valores Heckmatt 2. Adicionalmente, el promedio del balance hídrico acumulado para los grupos de estudio fue el siguiente: $+140 \pm 1046$ para el grupo control; -176 ± 1254 para el grupo NMES baja frecuencia y $+727 \pm 1024$ para el grupo NMES media frecuencia. No existen diferencias significativas sobre esta variable entre los grupos de estudio ($P \geq 0,05$).

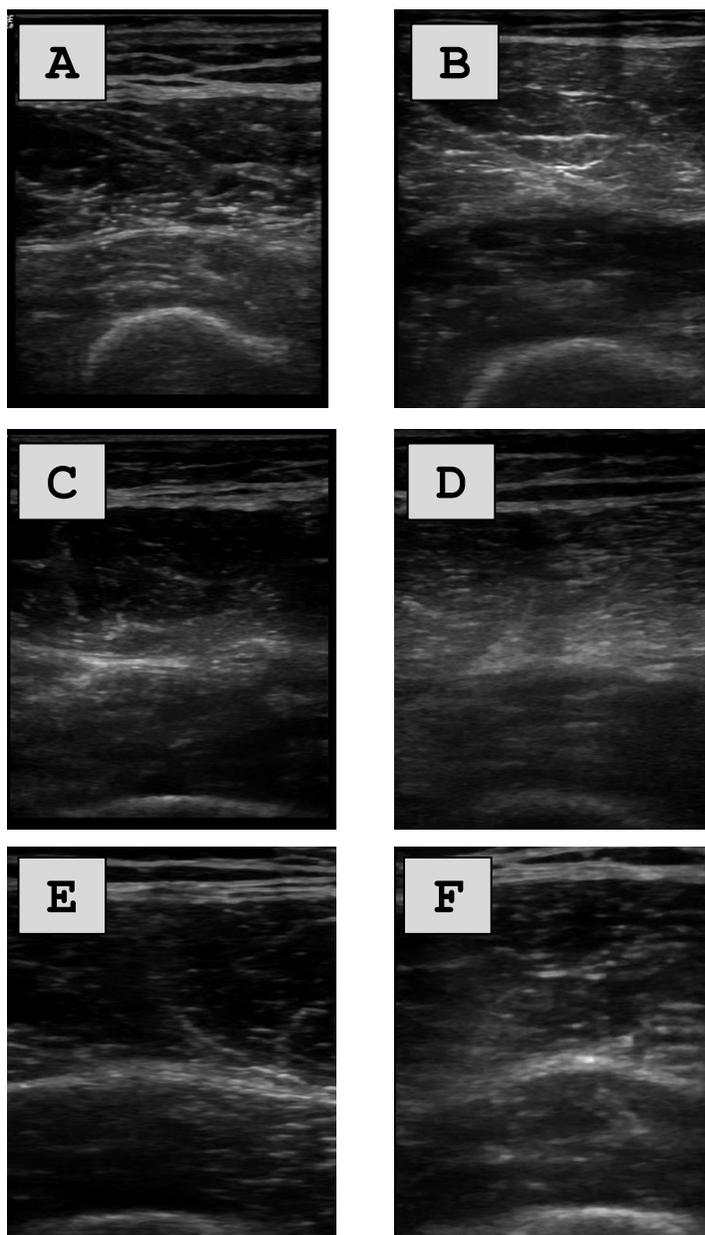


Figura 6. Ecogenicidad muscular según escala Heckmatt. (A) Heckmatt 1 grupo control; (B) Heckmatt 2 grupo control; (C) Heckmatt 1 NMES baja frecuencia; (D) Heckmatt 2 NMES baja frecuencia; (E) Heckmatt 1 NMES media frecuencia; (D) Heckmatt 2 NMES media frecuencia. n=17 para el Grupo control, n=18 para el Grupo NMES de baja frecuencia y n=17 para el grupo de NMES de media frecuencia.

Fuerza muscular periférica global y fuerza prensil

Se obtuvo el valor promedio de la fuerza muscular periférica global medido a través de la escala MRC-SS en los tres grupos de estudio. Esta variable fue evaluada en cuatro etapas distintas durante la estadía hospitalaria: al despertar en UCI, previo al alta de la UCI, previo al alta de UTI y, finalmente, previo al alta hospitalaria. Se obtuvieron diferencias significativas al momento de comparar el grupo de NMES media frecuencia con el grupo control durante la evaluación previo al alta hospitalaria ($P<0,001$). No se observan diferencias al comparar los grupos de NMES entre sí ($P\geq 0,05$). Sin embargo, el análisis estadístico intragrupo encontró diferencias entre las distintas etapas de evaluación. Es así como encontramos diferencias significativas entre las mediciones del despertar de UCI y previo al alta de la unidad, previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria en los 3 grupos de estudio ($P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$, respectivamente). Al momento de analizar los puntajes de la escala MRC-SS específicos para el movimiento de extensión de rodilla encontramos diferencias significativas entre el grupo control y ambos grupos de electroestimulación durante todas las evaluaciones efectuadas durante la estadía hospitalaria ($P<0,01$ grupo baja frecuencia versus grupo control; $P<0,001$ grupo media frecuencia versus grupo control). No se registraron diferencias al comparar ambos grupos de electroestimulación. Con respecto a la fuerza prensil, no se observaron diferencias significativas entre los grupos de estudio en las distintas etapas de evaluación ($P=0,97$). No obstante, las diferencias estuvieron dadas en las evaluaciones intragrupo durante las distintas etapas del estudio. En todos los grupos encontramos diferencias significativas en los valores al despertar en UCI y previo al alta hospitalaria ($P<0,01$ y $P<0,001$, respectivamente). La Tabla 3 muestra estos resultados.

Tabla 3. Valores promedio fuerza muscular periférica global y fuerza prensil.

	Despertar en UCI	Previo alta de UCI	Previo alta de UTI	Previo alta Hospitalaria
Grupo control				
MRC-SS	33±2	37±2 ^a	42±2 ^b	46±3 ^b
Fuerza prensil (kg)	8,97±0,92	9,94±0,87	11,59±1,03	13,72±0,89 ^b
NMES baja frecuencia				
MRC-SS	36±5	40±5 ^a	44±5 ^b	49±4 ^b
Fuerza prensil (kg)	10,23±4,30	11,83±4,89	14,41±7,75	16,69±7,61 ^c
NMES media frecuencia				
MRC-SS	36±3	40±3 ^b	44±3 ^c	50±3 ^{*c}
Fuerza prensil (kg)	9,54±1,71	10,80±1,88	12,98±2,07	15,55±2,56 ^c

Valores presentados como promedio±DS. **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular. **MRC-SS:** *Medical Research Council Sum Score*. **UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos. **UTI:** Unidad de Tratamientos Intermedios. *: $P<0,001$ al comparar los valores previos al alta hospitalaria versus grupo control a: diferencias significativas con la evaluación anterior dentro del mismo grupo ($P<0,05$); b: diferencias significativas con la evaluación anterior dentro del mismo grupo ($P<0,01$); c: diferencias significativas con la evaluación anterior dentro del mismo grupo ($P<0,001$). Fuerza prensil b: diferencias significativas valores previo al alta hospitalaria versus despertar en UCI ($P<0,01$); c: diferencias significativas valores previo al alta hospitalaria versus despertar en UCI ($P<0,001$). n=17 para el Grupo control, n=18 para el Grupo NMES de baja frecuencia y n=17 para el grupo de NMES de media frecuencia en cada una de las etapas evaluadas.

Capacidad Funcional – Functional Status Score For Intensive Care Unit (FSS-ICU)

La Figura 7 muestra los resultados de la capacidad funcional evaluada mediante la escala FSS-ICU inmediatamente al despertar en UCI y, luego, previo al alta de la UCI. Los resultados iniciales no muestran diferencias significativas ($P \geq 0,05$) entre los grupos de estudio con valores de 13 ± 2 puntos para el grupo control; 15 ± 3 puntos para NMES baja frecuencia y 15 ± 3 puntos para el grupo NMES media frecuencia. Sin embargo, existen diferencias al momento del alta de UCI entre ambos grupos de NMES (NMES baja frecuencia 20 ± 3 puntos y NMES media frecuencia 21 ± 4 puntos) versus el grupo control con 17 ± 3 puntos ($P < 0,05$). No existen diferencias entre ambos grupos de NMES ($P > 0,05$). Al momento de analizar los puntajes de la escala FSS-ICU específicos para las actividades de transición sedente a bípedo y marcha encontramos los siguientes resultados: el análisis intragrupo de los puntajes para la transición sedente a bípedo muestra diferencias significativas en los tres grupos de estudio al momento de comparar los resultados al despertar en UCI versus los resultados previo al alta de UCI (grupo control $P < 0,05$, grupo baja frecuencia $P < 0,01$, grupo media frecuencia $P < 0,001$). El análisis entre los grupos de estudio, sólo muestra diferencias significativas entre el grupo de media frecuencia versus el grupo control previo al alta de UCI ($P < 0,05$) (Figura 8). Por su parte, el análisis intragrupo para la evaluación de la marcha muestra diferencias significativas en ambos grupos de electroestimulación al momento de comparar los resultados al despertar en UCI versus los resultados previo al alta de UCI ($P < 0,001$). El análisis entre grupos muestra diferencias significativas entre ambos grupos de electroestimulación versus el grupo control ($P < 0,01$) (Figura 9).

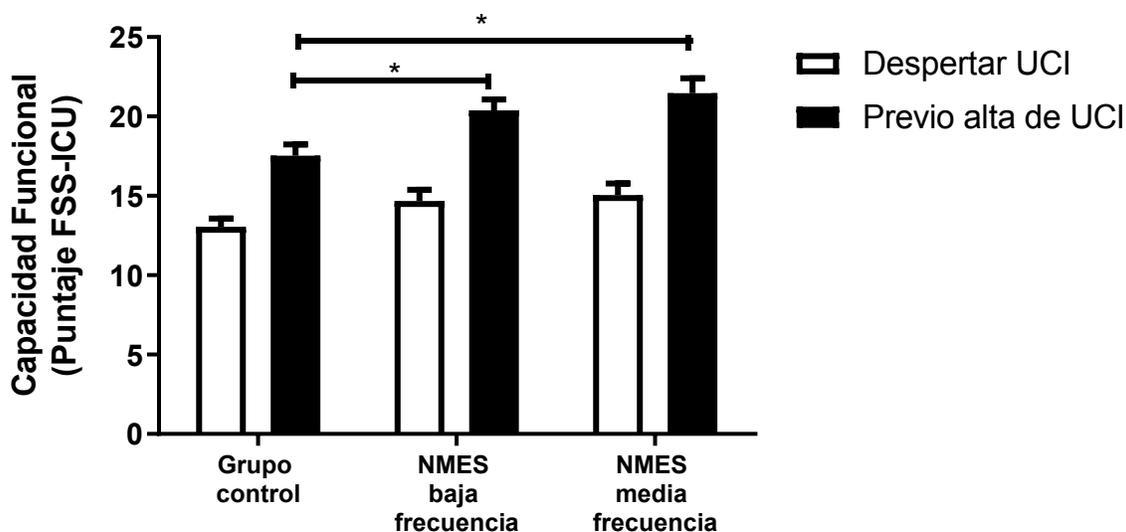


Figura 7. Puntaje escala *Functional Status Score for the Intensive Care Unit* (FSS-ICU). **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular. **UCI:** Unidad de Cuidados intensivos. (*: $P < 0,05$). $n=17$ para el Grupo control, $n=18$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=17$ para el grupo de NMES de media frecuencia en cada etapa evaluada.

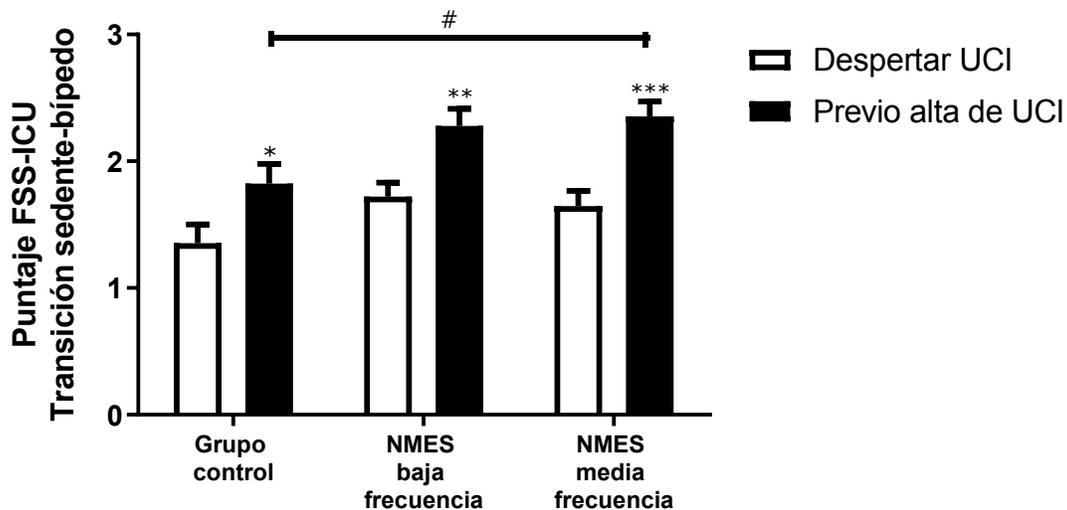


Figura 8. Puntaje escala *Functional Status Score for the Intensive Care Unit* (FSS-ICU) para la transición sedente-bípido. **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular. **UCI:** Unidad de Cuidados intensivos. Diferencias significativas intragrupo al comparar valoración al despertar en UCI versus valoración previo al alta de UCI (*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$). #: Diferencias significativas al comparar puntaje entre el grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P < 0,05$). $n=17$ para el Grupo control, $n=18$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=17$ para el grupo de NMES de media frecuencia en cada etapa evaluada.

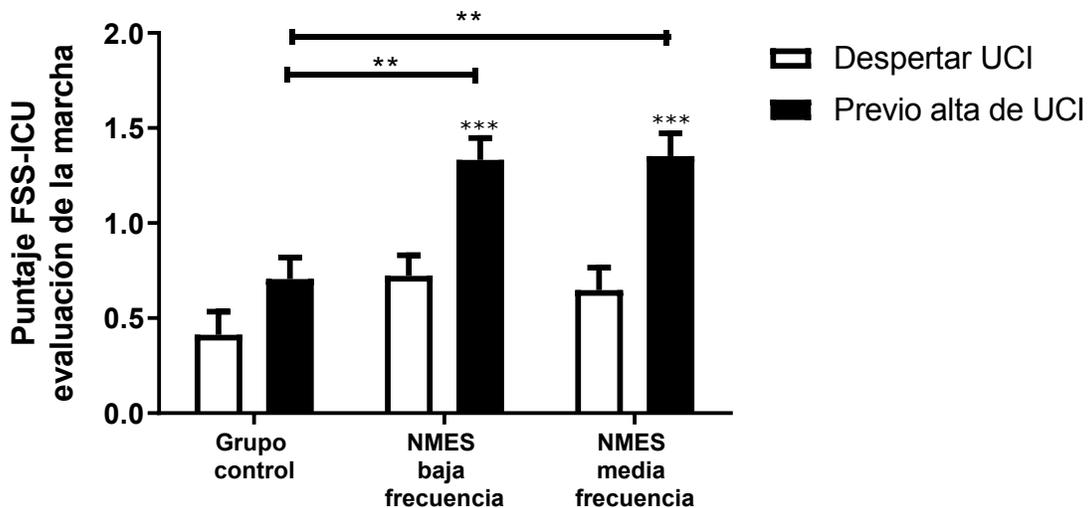


Figura 9. Puntaje escala *Functional Status Score for the Intensive Care Unit* (FSS-ICU) para la evaluación de la marcha. **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular. **UCI:** Unidad de Cuidados intensivos. Diferencias significativas intragrupo al comparar valoración al despertar en UCI versus valoración previo al alta de UCI (***: $P < 0,001$). **: Diferencias significativas al comparar puntaje entre el grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P < 0,01$). $n=17$ para el Grupo control, $n=18$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=17$ para el grupo de NMES de media frecuencia en cada etapa evaluada.

Equilibrio dinámico – Test Time Up and Go (TUG)

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos luego de la aplicación del test TUG previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria. Respectivamente, los resultados fueron: 26,33±2,37 seg y 22,71±2,79 seg para el grupo control (13,7% de mejora); 23,8±2,52 seg y 19,99±2,44 seg en el grupo NMES baja frecuencia (16% de mejora); 21,63±2,92 y 17,24±2,43 seg en el grupo NMES media frecuencia (20,3% de mejora). Los resultados muestran diferencias significativas en ambas mediciones al comparar grupo NMES baja frecuencia versus grupo control ($P<0,05$) y grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P<0,001$). Además, durante la segunda evaluación (previo al alta hospitalaria), se observan diferencias significativas a favor del grupo NMES media frecuencia por sobre el grupo NMES baja frecuencia ($P<0,05$). Por su parte, el análisis intragrupo de los tiempos logrados previo al alta de la UTI versus previo al alta hospitalaria muestra diferencias significativas en el grupo control ($P<0,01$) y en ambos grupos de electroestimulación ($P<0,001$).

	Previo alta de UTI	Previo alta Hospitalaria
Grupo control		
TUG (seg)	26,33±2,37	22,71±2,79 ^d
NMES baja frecuencia		
TUG (seg)	23,8±2,52 ^a	19,99±2,44 ^{be}
NMES media frecuencia		
TUG (seg)	21,63±2,92 ^a	17,24±2,43 ^{bce}

Tabla 4. Tiempos registrados test Time Up and Go (TUG) previo al alta de UTI y previo al alta hospitalaria. **NMES:** Electroestimulación neuromuscular. **UTI:** Unidad de Tratamiento Intermedio. a: Diferencias significativas entre grupo NMES baja frecuencia versus grupo control ($P<0,05$). b: Diferencias significativas entre grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P<0,001$). c: Diferencias significativas entre grupo NMES media frecuencia y NMES baja frecuencia ($P<0,05$). d-e: diferencias significativas con la evaluación anterior dentro del mismo grupo ($P<0,01$ y $P<0,001$ respectivamente). n=17 para el Grupo control, n=18 para el Grupo NMES de baja frecuencia y n=17 para el grupo de NMES de media frecuencia en cada etapa evaluada.

Índice de Barthel

La valoración del Índice de Barthel realizado previo al alta de UTI y, posteriormente previo al alta hospitalaria, muestra respectivamente los siguientes resultados: 51±5 puntos y 76±6 puntos para el grupo control; 57±8 puntos y 81±7 puntos para el grupo NMES baja frecuencia; 58±4 puntos y 86±10 puntos para el grupo NMES media frecuencia. Estos resultados muestran diferencias significativas en ambos tiempos de evaluación al comparar grupo NMES media frecuencia versus grupo control ($P<0,05$ previo al alta de UTI y $P<0,001$ previo al alta hospitalaria). No se observan diferencias significativas entre el grupo control y NMES baja frecuencia, tampoco en ambos grupos de NMES ($P\geq 0,05$) (Figura 9). Por su parte, el análisis intragrupo de los puntajes obtenidos previo al alta de la UTI versus previo al alta hospitalaria muestra diferencias significativas en los tres grupos de estudio ($P<0,001$),

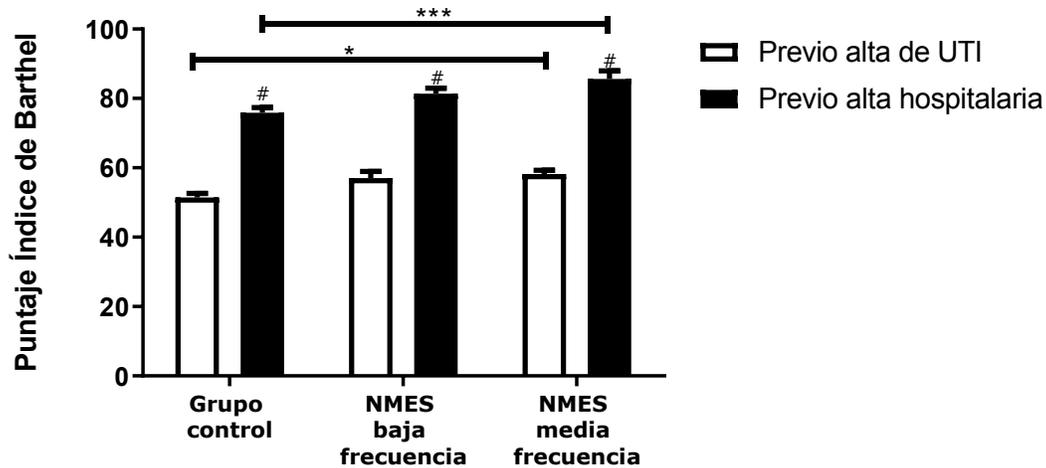


Figura 10. Puntaje Índice de Barthel. **NMES:** Electroestimulación Neuromuscular. **UTI:** Unidad d Tratamiento Intermedio. *: $P < 0,05$; ***: $P < 0,001$. #: diferencias significativas en con la evaluación anterior dentro del mismo grupo. $n=17$ para el Grupo control, $n=18$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=17$ para el grupo de NMES de media frecuencia en cada etapa evaluada.

Calidad de vida: Cuestionario SF-36

Se obtuvieron los resultados de los componentes físicos (CSF) de los tres grupos de estudio previo al alta hospitalaria y cuyos valores promedio \pm DS fueron los siguientes: $43,99 \pm 3,29$ para el grupo control; $44,27 \pm 3,44$ para el grupo NMES baja frecuencia y $49,21 \pm 3,46$ para el grupo NMES media frecuencia. Respecto a los componentes mentales (CSM) los valores promedio \pm DS fueron los siguientes: $53,06 \pm 2,47$ para el grupo control; $53,44 \pm 3,1$ para el grupo NMES baja frecuencia y $58,68 \pm 3,3$ para el grupo NMES media frecuencia. La aplicación de la escala SF-36 en sus apartados CSF y CSM muestra diferencias significativas al momento de comparar el grupo NMES media frecuencia versus el grupo control y el grupo NMES baja frecuencia ($P < 0,001$). No existen diferencias significativas entre el grupo control y NMES baja frecuencia ($P \geq 0,05$) (Figura 10).

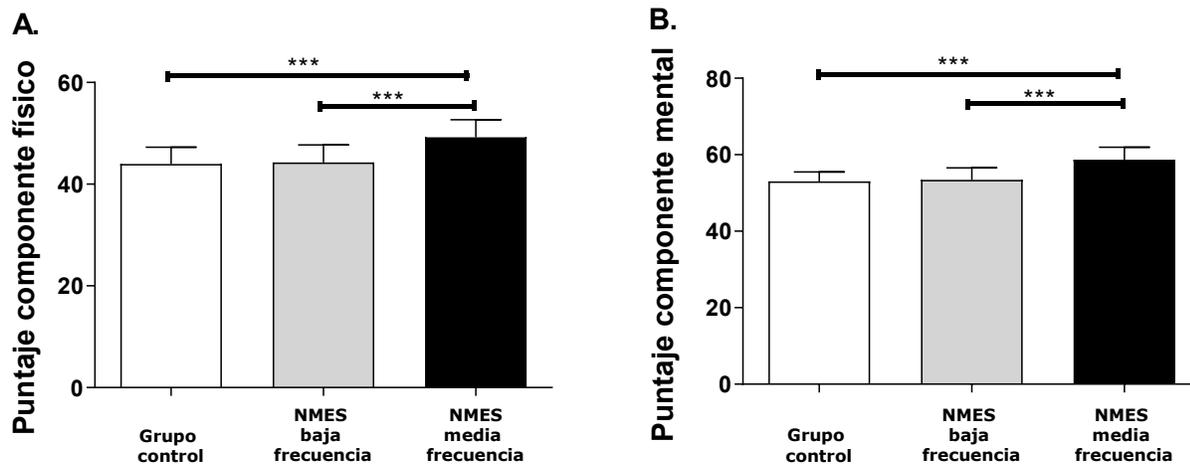


Figura 11. Puntaje cuestionario calidad de vida *Short Form 36* (SF-36). **A.** Puntaje componente físicos (CSF); **B.** Puntaje componentes mentales (CSM). **NMES:** Electroestimulación neuromuscular ($P < 0,001$). $n=17$ para el Grupo control, $n=18$ para el Grupo NMES de baja frecuencia y $n=17$ para el grupo de NMES de media frecuencia.

VII DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la electroestimulación muscular de baja versus media frecuencia, ambas asociadas a terapia física estándar, sobre el grado de atrofia muscular esquelética en pacientes críticos admitidos en UCI. Nuestra hipótesis indicaba que la aplicación de este tipo de intervención terapéutica estaría asociada con un menor grado de pérdida de masa muscular esquelética en estos usuarios evaluados a través del grosor del cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) por medio de ultrasonografía, con un mayor beneficio en los sujetos intervenidos a través de NMES de media frecuencia versus aquellos intervenidos con NMES de baja frecuencia.

Las enfermedades críticas se caracterizan por presentar respuestas hipermetabólicas consecuencia de la inflamación sistémica, presencia de fiebre, signos de hiperadrenergia, entre otros, y que provocan una disminución progresiva de los elementos que colaboran en el mantenimiento de las funciones fisiológicas del organismo (93). En este sentido, el resultado final implica una respuesta catabólica descontrolada, incremento de la proteólisis, activación de sistemas de degradación y rápida depleción muscular (94,95). En detalles, se ha demostrado que luego de 24 horas de iniciado los estados de disfunción orgánica la capacidad de regeneración muscular se ve comprometida debido a la atrofia de miofibrillas, inflamación y fibrosis del endomisio, calcificación de miofibrillas necróticas y disminución de células satélite, estas últimas reducen su número luego de 36 horas instaurado el estado crítico (96). Estos datos proveen evidencia para asegurar que la pérdida de masa muscular esquelética es un aspecto importante dentro de los pacientes en las UCI y cuya manifestación clínica más importante es la debilidad muscular. De acuerdo a lo anterior, en este estudio se observó una disminución significativa del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) en el grupo control de un ~11% en la evaluación al cuarto día de intervención y de un ~19% al final del período de estudio. Similares resultados han sido constatados en estudios previos, reportando una disminución de la masa muscular esquelética (grosor muscular del cuádriceps y área de sección transversal) fluctuando entre un 17,5% y 30% durante los 10 primeros días de UCI (97-99).

Cuando los pacientes críticos bajo los períodos de sedación no pueden generar contracción muscular voluntaria y por ende no tienen la capacidad de colaborar con el ejercicio terapéutico activo, el uso de NMES permite generar activación muscular con el objetivo de contrarrestar el proceso de atrofia muscular esquelética principalmente en etapas agudas de la enfermedad. La aplicación de esta intervención ha demostrado utilidad en prevenir o atenuar de manera significativa la pérdida de masa muscular esquelética (72,77-79,100). Este estudio pudo evidenciar la efectividad de la NMES para atenuar la disminución del grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) en pacientes críticos. Entre ambos métodos de electroestimulación utilizados, la NMES de media frecuencia fue aquella que obtuvo un mayor porcentaje de ganancia muscular al ser comparada con la NMES de baja frecuencia. Nuestros datos muestran un incremento en el grosor del músculo cuádriceps (recto femoral-vasto intermedio) de un ~10% para el grupo de NMES baja frecuencia y un ~13% para el grupo NMES media frecuencia durante los primeros 4 días de intervención y de un ~6% en ambos grupos al despertar en la estadía en UCI. Estos resultados se relacionan con estudios previos, donde la NMES logró prevenir el proceso de atrofia muscular esquelética en pacientes críticos e incluso logra aumentar el grosor y el área de sección transversa muscular en torno al ~5% usando NMES de baja frecuencia 2 veces al día (74,101).

La NMES de media frecuencia se ha definido como un estímulo selectivo y específico de las fibras musculares tipo II (102). Sumado a lo anterior, se debe considerar que el mayor porcentaje de fibras musculares que componen el músculo cuádriceps es por fibras musculares tipo II (103) razón por la cual se establece una relación entre la NMES de media frecuencia, la estimulación del músculo cuádriceps y el mayor aumento del grosor del mismo músculo. Sin embargo, si consideramos los valores de ultrasonografía obtenidos entre el inicio y el final del estudio (5-7 días), los valores experimentan una disminución con respecto al día 4. En este sentido, una probable explicación al suceso dice relación con un marcado descenso en la síntesis de proteínas musculares y un aumento en la degradación de las mismas, resultando un estado catabólico neto durante la primera semana posterior al ingreso a UCI y que incluye los procesos de necrosis

miofibrilar, infiltrado de macrófagos, infiltración grasa y fibrosis de las fibras musculares en aproximadamente un 40% de los pacientes internados en estas unidades. Estos cambios morfológicos se han descrito de manera significativa entre los días 7 y 10 luego del ingreso a UCI (97,99). Situaciones fisiopatológicas que la electroestimulación probablemente no pueda contrarrestar por completo.

La presencia de edema en las extremidades inferiores ha sido descrito como un factor que puede limitar la aplicación de NMES debido a la impedancia que puede generar hacia el tejido muscular (104). Sin embargo, la presencia de balances hídricos positivos no resulta ser impedimento para aplicar NMES dado que, además de la contracción muscular generada, también provoca cambios en el flujo venoso, redistribuyendo así el edema en extremidades y permitiendo asociar sus efectos al incremento del grosor del músculo cuádriceps (105). Dado lo anterior, los resultados de este estudio muestran un claro beneficio a favor de la NMES de media frecuencia por sobre la terapia estándar (grupo control) y la NMES de baja frecuencia, sin existir diferencias significativas en el balance hídrico entre los grupos de estudio. La presencia de balances hídricos positivos registrados en el grupo NMES media frecuencia, genera una mayor impedancia sobre los tejidos, situación que obliga a utilizar mayores intensidades de tratamiento para poder generar la contracción visible y/o palpable que se establece como método para fijar una determinada intensidad. Además, la aplicación de NMES logró preservar la ecogenicidad muscular evitando cambios en la arquitectura muscular (sin presentar diferencias entre las NMES usadas). Resultados similares fueron encontrados en un estudio en el cual el uso de NMES de baja frecuencia estuvo asociado a una mantención de la calidad del músculo cuádriceps luego de una semana de intervención (106, 107). A pesar de lo anterior, este factor se debe tener presente cuando se esperan pequeños cambios en la masa muscular esquelética (83).

Respecto a la fuerza muscular periférica global nuestros resultados concuerdan con los obtenidos con otros autores (70,108) quienes, tras la aplicación de NMES de baja frecuencia, obtuvieron diferencias significativas en comparación al grupo control en los puntajes finales de la escala MRC-SS. Esta intervención fue realizada desde las 24 horas posteriores del ingreso a UCI y los resultados fueron obtenidos una vez el paciente haya despertado del período de sedación. Sin embargo, otros autores no informan diferencias en esta variable (109). A favor de los resultados de este estudio, las condiciones de inmovilidad, reposo en cama e inactividad fueron similares en los tres grupos, por lo que los resultados obtenidos en los grupos NMES son esperables dado el beneficio de usar estos dispositivos en pacientes críticos. Otro factor asociado es la NMES en grupos musculares más grandes y que son considerados en la sumatoria del puntaje total (86). Adicionalmente, la terapia estándar recibida por el grupo control afectó en los resultados finales dado el efecto techo descrito al evaluar fuerza muscular, lo que evita mayores efectos sobre esta variable al no haber recibido NMES. A pesar de lo anterior, se sugiere evaluar la fuerza muscular de manera longitudinal durante todo el período de hospitalización con el fin de analizar la variación del puntaje MRC-SS (109).

Por otro lado, la evaluación de la fuerza prensil no muestra diferencias significativas entre los grupos de estudio durante el período agudo como en la etapa de seguimiento. Similares resultados se han reportado en otros estudios (86,108) donde no existen diferencias entre el grupo intervenido con NMES y aquellos con intervenciones habituales. Esto pareciera explicarse debido al tamaño de la muestra que no permite establecer diferencias entre grupos. Además, durante el período de evaluación, a excepción del registro previo al alta hospitalaria, los grupos de estudio no pasaban el puntaje de corte para determinar la ausencia de la debilidad adquirida en UCI (DA-UCI <48 puntos en escala MRC) (108). Lo anterior implica que las principales diferencias en la fuerza prensil estén dadas por la presencia de DA-UCI para poder establecer cambios significativos entre los grupos de estudio (110). También, se hace referencia al efecto muscular local de la NMES por sobre los efectos que se puedan generar en la fuerza prensil (86). A pesar de lo anterior, los valores promedio obtenidos en UCI y aquellos obtenidos previo al alta hospitalaria del presente estudio, igualan o superan los valores de fuerza prensil teóricos para cada una de las unidades mencionadas y que se relacionan con variables asociadas a menor mortalidad, estadía hospitalaria e impacto en la funcionalidad de los pacientes (111-115).

La evaluación de la capacidad física en cuidados críticos recomienda el uso de la escala FSS-ICU para valorar el estado funcional de estos pacientes durante la estadía en UCI (116). En

general, la utilidad clínica muestra un incremento progresivo del puntaje a medida que avanza la estadía hospitalaria, por lo que su registro permite realizar un seguimiento de esta capacidad en pacientes que han recibido terapia física (117). Respecto al estado funcional, nuestros resultados coinciden con lo reportado por otros autores, los que reportan diferencias significativas a favor del grupo de NMES al momento del alta de la UCI (118). En nuestro estudio, las diferencias se aprecian previo al alta de la UCI, donde existen resultados favorables para ambos grupos que recibieron NMES en comparación al grupo control. En otro estudio, los investigadores reportan un aumento de la capacidad física en torno al 24% luego de 3 semanas de intervención enfocadas en terapia física activa y pasiva (119). Nuestros datos informan un aumento de un 28,5% en el puntaje de la escala FSS-ICU previo al alta de la UCI.

La NMES de media frecuencia obtuvo resultados favorables en comparación a ambos grupos al momento de evaluar los tiempos obtenidos en el test TUG. La eficacia de la terapia física también fue evaluada por otros autores (120) quienes mostraron diferencias significativas a favor de la intervención de terapia física al momento de evaluar los tiempos obtenidos luego del alta de la UCI y al alta hospitalaria, lo que permite obtener un buen punto de referencia respecto al pronóstico y evolución de estos pacientes. Esto, además, se ha relacionado con una adecuada función física y actividades de la vida diaria; y donde obtener bajos tiempos de ejecución del test TUG se ha relacionado con altos puntajes en escalas funcionales (121). A pesar de lo anterior y considerando los puntajes de corte para evaluar el riesgo de caída (122), los valores promedio no logran superar esta barrera, por lo que a pesar de las diferencias establecidas no es posible determinar el real impacto de la NMES para la prevención de esta variable. Autores han demostrado que la aplicación de NMES de baja frecuencia favorece la disminución de los tiempos durante el test (118). Estos resultados pueden ser explicados por el aumento de la fuerza muscular en extremidad inferior durante el período de estimulación y posterior estadía en hospital.

La valoración de las actividades de la vida diaria y su nivel de dependencia a través del Índice de Barthel previo al alta de la UTI y previo al alta hospitalaria muestra resultados significativos solo a favor de la NMES media frecuencia por sobre el grupo control. Inicialmente, el 100% de los participantes del estudio obtuvieron en promedio un grado de dependencia moderada, en contraste al 25% de los sujetos en otro estudio publicado (123). Estos cambios han sido asociados a la permanencia del paciente en VM y como esta variable se relaciona como indicador de un pobre pronóstico funcional posterior al alta de la UTI. Además, el 86% de los pacientes que son ventilados por más de 48 horas sufre algún grado de deterioro funcional (124). Respecto a las repercusiones sobre la terapia física, aquellos sujetos sometidos a rehabilitación motora pasiva y activa presentan mayores puntajes en el Índice de Barthel al momento del alta hospitalaria (125). Lo anterior, permite establecer el beneficio a favor de la NMES de media frecuencia respecto al nivel de dependencia de los individuos luego del alta y sus respectivas mejoras en la ejecución de las actividades de la vida diaria durante la etapa de hospitalización.

La calidad de vida fue evaluada durante la última etapa del seguimiento previo al alta hospitalaria, a través de sus componentes físicos y mentales. El grupo NMES media frecuencia obtuvo mejores resultados comparados con el grupo control y el grupo NMES baja frecuencia en ambos componentes. En este sentido, se ha reportado que el impacto de una enfermedad crítica sobre la calidad de vida puede persistir durante los dos años posteriores al evento y, que además, la presencia de debilidad muscular durante los períodos agudos presenta una asociación importante sobre la autopercepción del estado de salud (126,127). Se ha demostrado que aquellos pacientes sometidos a terapia física obtuvieron resultados significativamente más altos durante el alta hospitalaria (43). A raíz de estos resultados, se puede interpretar que aquellos pacientes bajo NMES de media frecuencia cursaron con un nivel de fuerza y prevención de atrofia muscular esquelética mayor que el grupo control y, en consecuencia, con un mejor estado mental durante su estadía en sala, lo que se asocia con una mejor funcionalidad. Por lo tanto, se establece una relación entre la fuerza muscular periférica global y una mejor sensación subjetiva del estado de salud. En apoyo a lo anterior, se reporta que la rehabilitación y terapia física temprana en UCI puede reducir las complicaciones físicas y mentales a través de la mejora en la fuerza muscular, función física y calidad de vida de los pacientes (128). En contraste a estos estudios, autores mencionan que, si bien la NMES de baja frecuencia permite en parte recuperar

la fuerza muscular previa por sí sola, los pacientes siguen manteniendo un nivel de discapacidad funcional comparado con estados previos al ingreso a UCI. Mencionan que estas capacidades funcionales sólo pueden ser recuperadas durante los meses posteriores a la estadía en UCI, aunque aún con una disminución de los resultados comparados con valores promedio (105). Es necesario considerar esta variable en estudios futuros con el fin de establecer relaciones directas entre el uso de NMES y la calidad de vida asociada a la salud en las etapas agudas de la enfermedad crítica.

La atrofia muscular esquelética ocurre rápidamente en los pacientes críticos. Esta condición es asociada al diagnóstico de ingreso, el tipo de manejo farmacológico recibido, los días de admisión en UCI, entre otras variables. Las intervenciones tempranas dirigidas a este proceso deben ser aplicadas con el objetivo de atenuar o prevenir la disminución de la masa muscular esquelética, variable que ha sido relacionada con el pronóstico funcional de estos pacientes. En resumen, la NMES, asociada a terapia física estándar, como estrategia para combatir la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos obtuvo resultados favorables para la prevención de este proceso y cuyos mejores porcentajes de ganancia fueron observados en el grupo NMES media frecuencia por sobre los otros grupos de estudio. En este mismo sentido, la NMES de media frecuencia obtuvo diferencias significativas en los resultados del test TUG y del cuestionario de calidad de vida al ser comparada con la NMES de baja frecuencia.

VIII LIMITACIONES

Las limitaciones de este estudio involucran la heterogeneidad de la muestra, aunque esto sea una característica de los estudios que involucran a pacientes críticos. A pesar de un tamaño muestral pequeño, se demostraron cambios en variables de relevancia clínica. Otra limitación involucra el nulo control en la prescripción de medicamentos según el diagnóstico de ingreso y que pueden determinar el pronóstico de las intervenciones así como las evaluaciones finales dado que impactan directamente en el desarrollo de atrofia muscular esquelética.

IX CONCLUSIÓN

Concluimos que ambas modalidades de NMES (baja o media frecuencia), asociadas a terapia física estándar, son estrategias que pueden ser utilizadas para combatir la atrofia muscular esquelética (grosor músculo cuádriceps) en pacientes críticos sin observar diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, al momento de comparar ambos grupos de NMES, la NMES de media frecuencia logra mejoras significativas en la evaluación del componente físico y mental del cuestionario de calidad de vida, así como en la evaluación del equilibrio dinámico previo al alta hospitalaria al ser comparada con el grupo NMES de baja frecuencia. Además, la NMES de media frecuencia obtuvo mejoras significativas en la evaluación de la fuerza muscular periférica global y la independencia para realizar las AVD al momento de ser comparadas con el grupo control previo al alta de la UTI y previo al alta hospitalaria. Finalmente, solo la NMES de media frecuencia logró una estadía hospitalaria significativamente menor en comparación al grupo control. Por todo lo anterior, recomendamos el uso de NMES de media frecuencia por sobre NMES de baja frecuencia como estrategia de intervención temprana en pacientes críticos admitidos en UCI.

VIII. REFERENCIAS

1. Kramer CL. Intensive Care Unit–Acquired Weakness [Internet]. 1st ed. Vol. 35, Neurologic Clinics. Elsevier B.V.; 2017. 723–736 p.
2. Schreiber A, Bertoni M, Goligher EC. Avoiding Respiratory and Peripheral Muscle Injury During Mechanical Ventilation: Diaphragm-Protective Ventilation and Early Mobilization. *Crit Care Clin*. 2018;34(3):357–81.
3. Apostolakis E, Papakonstantinou NA, Baikoussis NG, Papadopoulos G. Intensive care unit-related generalized neuromuscular weakness due to critical illness polyneuropathy/myopathy in critically ill patients. *J Anesth*. 2014;29(1):112–21.
4. Zorowitz RD. ICU–Acquired Weakness: A Rehabilitation Perspective of Diagnosis, Treatment, and Functional Management. *Chest* [Internet]. 2016;150(4):966–71.
5. Parry SM, Puthuchery ZA. The impact of extended bed rest on the musculoskeletal system in the critical care environment. *Extrem Physiol Med*. 2015;4(1):1–8.
6. Kortebein P, Symons TB, Ferrando A, Paddon-Jones D, Ronsen O, Protas E, et al. Functional Impact of 10 Days of Bed Rest in Healthy Older Adults. *Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(10):1076–81.
7. Puthuchery ZA, McNelly AS, Rawal J, Connolly B, Sidhu PS, Rowleron A, et al. Rectus femoris cross-sectional area and muscle layer thickness: Comparative markers of muscle wasting and weakness. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(1):136–8.
8. Baldwin CE, Bersten AD. Alterations in Respiratory and Limb Muscle Strength and Size in Patients With Sepsis Who Are Mechanically Ventilated. *Phys Ther* [Internet]. 2014;94(1):68–82.
9. Abdelmalik PA, Rakocevic G. Propofol as a Risk Factor for ICU-Acquired Weakness in Septic Patients with Acute Respiratory Failure. *Can J Neurol Sci*. 2017;44(3):295–303.
10. Bouglé A, Rocheteau P, Sharshar T, Chrétien F. Muscle regeneration after sepsis. *Crit Care* [Internet]. 2016;20(1):16–7.
- 11.- Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA - J Am Med Assoc*. 2013;310(15):1591–600.
- 12.- Helliwell TR, Wilkinson A, Griffiths RD, McClelland P, Palmer TEA, Bone JM. Muscle fibre atrophy in critically ill patients is associated with the loss of myosin filaments and the presence of lysosomal enzymes and ubiquitin. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 1998;24(6):507–17.
- 13.- Bierbrauer J, Koch S, Olbricht C, Hamati J, Lodka D, Schneider J, et al. Early type II fiber atrophy in intensive care unit patients with nonexcitable muscle membrane. *Crit Care Med*. 2012;40(2):647–50.
- 14.- Klaude M, Mori M, Tjäder I, Gustafsson T, Wernerman J, Rooyackers O. Protein metabolism and gene expression in skeletal muscle of critically ill patients with sepsis. *Clin Sci* [Internet]. 2012;122(3):133–42.
- 15.- Dirks ML, Backx EM, Wall BT, Verdijk LB, van Loon LJ. May bed rest cause greater muscle loss than limb immobilization? *Acta Physiol (Oxf)*. 2016 Sep;218(1):10–2.

- 16.- Topp R, Ditmyer M, King K, Doherty K, Hornyak J. The effect of bed rest and potential of prehabilitation on patients in the intensive care unit. *AACN Clin Issues*. 2002;13(2):263–76.
- 17.- Winkelman C. Bed rest in health and critical illness: a body systems approach. *AACN Adv Crit Care* [Internet]. 2009;20(3):254–66.
18. Borges R, Soriano F. Association between muscle wasting and muscle strength in patients who developed severe sepsis and septic shock. *Shock*. 2019 Mar;51(3):312–320.
19. Verheul GAM, de Jongh-Leuvenink J, Op de Coul AAW, van Landeghem AAJ, van Puyenbroek MJE. Tumor necrosis factor and interleukin-6 in critical illness polyneuromyopathy. *Clin Neurol Neurosurg* [Internet]. 1994;96(4):300–4.
20. Winkelman C. The role of inflammation in ICU-acquired weakness. *Crit Care*. 2010;14(4):14–5.
21. Weber-Carstens S, Deja M, Koch S, Spranger J, Bubser F, Wernecke KD, et al. Risk factors in critical illness myopathy during the early course of critical illness: a prospective observational study. *Crit Care* [Internet]. 2010;14(3):R119.
22. Fenzi F, Latronico N, Refatti N, Rizzuto N. Enhanced expression of E-selectin on the vascular endothelium of peripheral nerve in critically ill patients with neuromuscular disorders. *Acta Neuropathol*. 2003;106:75–82.
23. Rossignol B, Gueret G, Pennec JP, Morel J, Rannou F, Giroux-Metges MA, et al. Effects of chronic sepsis on contractile properties of fast twitch muscle in an experimental model of critical illness neuromyopathy in the rat. *Crit Care Med*. 2008;36(6):1855–63.
24. Aare S, Radell P, Eriksson LI, Akkad H, Chen Y-W, Hoffman EP, et al. Effects of corticosteroids in the development of limb muscle weakness in a porcine intensive care unit model. *Physiol Genomics* [Internet]. 2013;45(8):312–20.
25. Stelow EB, Johari VP, Smith SA, Crosson JT, Apple FS. Propofol-associated rhabdomyolysis with cardiac involvement in adults: Chemical and anatomic findings. *Clin Chem*. 2000;46(4):577–81.
26. Wilcox SR. Corticosteroids and neuromuscular blockers in development of critical illness neuromuscular abnormalities: A historical review. *J Crit Care* [Internet]. 2017;37:149–55.
27. Ochala J, Ahlbeck K, Radell PJ, Eriksson LI, Larsson L. Factors underlying the early limb muscle weakness in acute quadriplegic myopathy using an experimental ICU porcine model. *PLoS One*. 2011;6(6):1–7.
28. Wing SS, Goldberg a L. Glucocorticoids activate the ATP-ubiquitin-dependent proteolytic system in skeletal muscle during fasting. *Am J Physiol*. 1993;264(4 Pt 1):E668–76.
29. Minetti C, Hirano M, Morreale G, Pedemonte M, Cordone G, Hays AP, et al. Ubiquitin expression in acute steroid myopathy with loss of myosin thick filaments. *Muscle and Nerve*. 1996;19(1):94–6.
30. Garnacho-Montero J, Amaya-Villar R, García-Garmendía JL, Madrazo-Osuna J, Ortiz-Leyba C. Effect of critical illness polyneuropathy on the withdrawal from mechanical ventilation and the length of stay in septic patients. *Crit Care Med*. 2005;33(2):349–54.

31. Garnacho-Montero J, Madrazo-Osuna J, García-Garmendia J, Ortiz-Leyba C, Jiménez-Jiménez F, Barrero-Almodóvar A, et al. Critical illness polyneuropathy: Risk factors and clinical consequences. A cohort study in septic patients. *Intensive Care Med.* 2001;27(8):1288–96.
32. Forel J-M, Roch A, Marin V, Michelet P, Demory D, Blache J-L, et al. Neuromuscular blocking agents decrease inflammatory response in patients presenting with acute respiratory distress syndrome*. *Crit Care Med [Internet].* 2006;34(11):2749–57.
33. Ferrante LE, Pisani MA, Murphy TE, Gahbauer EA, Leo-Summers LS, Gill TM. Factors associated with functional recovery among older intensive care unit survivors. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;194(3):299–307.
34. Dos Santos C, Hussain SNA, Mathur S, Picard M, Herridge M, Correa J, et al. Mechanisms of chronic muscle wasting and dysfunction after an intensive care unit stay: A pilot study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;194(7):821–30.
35. Muscedere J, Waters B, Varambally A, Bagshaw SM, Boyd JG, Maslove D, et al. The impact of frailty on intensive care unit outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2017;43(8):1105–22.
36. Dettling-Ihnenfeldt DS, Wieske L, Horn J, Nollet F, van der Schaaf M. Functional Recovery in Patients With and Without Intensive Care Unit–Acquired Weakness. *Am J Phys Med Rehabil [Internet].* 2017;96(4):236–42.
37. Jackson JC, Jutte JE, Erb CT, Jackson JC. Physical , Cognitive , and Psychological Disability Following Critical Illness : What Is the Risk? *Semin Respir Crit Care Med.* 2015;98104(November 2015).
38. Ferrante LE, Pisani MA, Murphy TE, Evelyne A, Leo-summers LS, Gill TM. *HHS Public Access.* 2015;175(4):523–9.
39. Christopher KB. Functional Status in ICU Survivors and out of hospital outcomes: a cohort study. *Crit Care Med.* 2017;44(5):869–79.
40. Leditschke A, Green M, Irvine J, Bissett B, Mitchell A. I. What Are the Barriers to Mobilizing Intensive Care Patients? *Cardiopulm Phys Ther J (American Phys Ther Assoc Cardiopulm Sect [Internet].* 2012;23(1):26–9.
41. Castro-Avila AC, Serón P, Fan E, Gaete M, Mickan S. Effect of early rehabilitation during intensive care unit stay on functional status: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2015;10(7):1–21.
42. 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;36(8):2238–43.
43. 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;37(9):2499–505.
44. Peiris CL, Taylor NF, Shields N. Additional saturday allied health services increase habitual physical activity among patients receiving inpatient rehabilitation for lower limb orthopedic conditions: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(8):1365–70.

45. Lord RK, Mayhew CR, Korupolu R, Manthey EC, Friedman MA, Palmer JB, et al. ICU early physical rehabilitation programs: Financial modeling of cost savings. *Crit Care Med*. 2013;41(3):717-24.
46. Miranda Rocha AR, Martinez BP, Maldaner da Silva VZ, Forgiarini Junior LA. Early mobilization: Why, what for and how? *Med Intensiva*. 2017;41(7):429-36.
47. 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;373(9678):1874-82.
48. Govindan S, Iwashyna TJ, Odden A, Scott A, Chopra V, Arbor A, et al. Mobilization in Severe Sepsis: An Integrative Review Sushant. *J Hosp Med*. 2016;10(1):54-9.
49. Needham DM. AT THE JOHNS HOPKINS HOSPITAL CLINICIAN ' S CORNER Mobilizing Patients in the Intensive Care Unit Improving Neuromuscular Weakness and Physical Function. *JAMA*. 2008;300(14):1685-90.
50. Morris PE, Griffin L, Berry M, Ph D, Thompson C, Duncan R, et al. Receiving Early Mobility During An ICU Admission Is A Predictor Of Improved Outcomes In Acute Respiratory Failure. *Am J Med Sci*. 2012;341:373-7.
51. Hanekom SD, Louw Q, Coetzee A. The way in which a physiotherapy service is structured can improve patient outcome from a surgical intensive care: A controlled clinical trial. *Crit Care*. 2012;16(6):R230.
52. Dong Z-H, Yu B-X, Sun Y-B, Fang W, Li L. Effects of early rehabilitation therapy on patients with mechanical ventilation. *World J Emerg Med*. 2014;5(1):48-52.
53. Denehy L, Skinner EH, Edbrooke L, Haines K, Warrillow S, Hawthorne G, et al. Exercise rehabilitation for patients with critical illness: A randomized controlled trial with 12 months of follow-up. *Crit Care*. 2013;17(4):1.
54. Llano-Diez M, Renaud G, Andersson M, Marrero HG onzale., Cacciani N, Engquist H, et al. Mechanisms underlying ICU muscle wasting and effects of passive mechanical loading. *Crit Care*. 2012;16(5):R209.
55. Wiles L, Stiller K. Passive limb movements for patients in an intensive care unit: A survey of physiotherapy practice in Australia. *J Crit Care*. 2010;25(3):501-8.
56. Swadener-Culpepper L, Skaggs RL, Vangilder CA. The impact of continuous lateral rotation therapy in overall clinical and financial outcomes of critically ill patients. *Crit Care Nurs Q*. 2008;31(3):270-9.
57. Wollersheim T, Haas K, Wolf S, Mai K, Spies C, Steinhagen-Thiessen E, et al. Whole-body vibration to prevent intensive care unit-acquired weakness: Safety, feasibility, and metabolic response. *Crit Care*. 2017;21(1):1-10.
58. Camargo Pires-Neto R, Fogaça Kawaguchi YM, Sayuri Hirota A, Fu C, Tanaka C, Caruso P, et al. Very Early Passive Cycling Exercise in Mechanically Ventilated Critically Ill Patients: Physiological and Safety Aspects - A Case Series. *PLoS One*. 2013;8(9):1-7.
59. França E, Ribeiro L, Lamenha G, Magalhães I, Figueiredo T, Costa M, et al. Oxidative stress and immune system analysis after cycle ergometer use in critical patients. *Clinics*. 2017;72(3):143-9.

60. Hashim AM, Joseph LH, Embong J, Kasim Z, Mohan V. Tilt table practice improved ventilation in a patient with prolonged artificial ventilation support in intensive care unit. *Iran J Med Sci.* 2012;37(1):54–7.
61. Chang AT, Boots RJ, Hodges PW, Thomas PJ, Paratz JD. Standing with the assistance of a tilt table improves minute ventilation in chronic critically ill patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(12):1972–6.
62. Hoste EAJ, Roosens CDVK, Bracke S, Decruyenaere JMA, Benoit DD, Vandewoude KHDK, et al. Acute Effects of Upright Position on Gas Exchange in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *J Intensive Care Med.* 2005;20(1):43–9.
63. Chang AT, Boots R, Hodges PW, Paratz J. Standing with assistance of a tilt table in intensive care: A survey of Australian physiotherapy practice. *Aust J Physiother.* 2004;50(1):51–4.
64. Frazzitta G, Zivi I, Valsecchi R, Bonini S, Maffia S, Molatore K, et al. Effectiveness of a very early stepping verticalization protocol in severe acquired brain injured patients: A randomized pilot study in ICU. *PLoS One.* 2016;11(7):1–15.
65. Ka D, Tc H, Em B. Early intervention (mobilization or active exercise) for critically ill adults in the intensive care unit (Review) SUMMARY OF FINDINGS FOR THE MAIN COMPARISON. 2018;(3).
66. Maffioletti NA, Roig M, Karatzanos E, Nanas S. Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: A systematic review. *BMC Med.* 2013;11(1):1.
67. Hodgson CL, Berney S, Harrold M, Saxena M, Bellomo R. Clinical review: Early patient mobilization in the ICU. *Crit Care.* 2012;17(1):1–7.
68. 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;92(12):1564–79.
69. Poulsen JB. Impaired physical function, loss of muscle mass and assessment of biomechanical properties in critical ill patients. *Dan Med J.* 2012;59(11):1–21.
70. 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.* 2010;14(2).
71. Burke D, Gorman E, Stokes D, Lennon O. An evaluation of neuromuscular electrical stimulation in critical care using the ICF framework: a systematic review and meta-analysis. *Clin Respir J.* 2016;10(4):407–20.
72. Falavigna LF, Silva MG, De Almeida Freitas AL, Silva PFDS, Paiva Júnior MDS, De Castro CMMHB, et al. Effects of electrical muscle stimulation early in the quadriceps and tibialis anterior muscle of critically ill patients. *Physiother Theory Pract.* 2014;30(4):223–8.
73. Abdellaoui A, Préfaut C, Gouzi F, Couillard A, Coisy-Quivy M, Hugon G, et al. Skeletal muscle effects of electrostimulation after COPD exacerbation: A pilot study. *Eur Respir J.* 2011;38(4):781–8.

74. Dirks ML, Hansen D, Van Assche A, Dendale P, Van Loon LJC. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle wasting in critically ill comatose patients. *Clin Sci [Internet]*. 2015;128(6):357–65.
75. Stefanou C, Karatzanos E, Mitsiou G, Psarra K, Angelopoulos E, Dimopoulos S, et al. Neuromuscular electrical stimulation acutely mobilizes endothelial progenitor cells in critically ill patients with sepsis. *Ann Intensive Care*. 2016;6(1).
76. Angelopoulos E, Karatzanos E, Dimopoulos S, Mitsiou G, Stefanou C, Patsaki I, et al. Acute microcirculatory effects of medium frequency versus high frequency neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients - a pilot study. *Ann Intensive Care*. 2013;3(1):1–9.
77. Pinfield CE, Andraus RAC, Iida LM, Prado RP. Neuromuscular electrical stimulation of medium and low frequency on the quadriceps femoris. *Acta Ortop Bras*. 2018;26(5):346–349.
78. Heggannavar A, Dharmayat S, Nerurkar S, Kamble S. Effect of Russian Currents on Quadriceps Muscle Strength in Subjects With Primary Osteoarthritis of Knee: A Randomized Control Trail. *International Journal of Physiotherapy and Research Int J Physiother Res* 2014, Vol 2(3):555-60.
79. Leite MA, Osaku EF, Albert J, Costa CRLM, Garcia AM, Czapiesvski FDN, et al. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Quadriceps and Diaphragm in Critically Ill Patients: A Pilot Study. *Crit Care Res Pract*. 2018 Jul 8;2018:4298583.
80. Durigan JL, Delfino GB, Peviani SM, Russo TL, Ramírez C, Da Silva Gomes AD, et al. Neuromuscular electrical stimulation alters gene expression and delays quadriceps muscle atrophy of rats after anterior cruciate ligament transection. *Muscle Nerve*. 2014 Jan;49(1):120-8.
81. Sillen MJH, Wouters EFM, Franssen FME, Meijer K, Stakenborg KHP, Spruit MA. Oxygen uptake, ventilation, and symptoms during low-frequency versus high-frequency NMES in COPD: A pilot study. *Lung*. 2011;189(1):21–6.
82. Eggmann S, Verra ML, Luder G, Takala J, Jakob SM. Effects of early, combined endurance and resistance training in mechanically ventilated, critically ill patients: A randomised controlled trial. *PLoS One*. 2018 Nov 14;13(11):e0207428.
83. 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*. 2009;13(5):R161.
- 84.- Watanabe K, Kawade S, Moritani T. Effect of electrode position of low intensity neuromuscular electrical stimulation on the evoked force in the quadriceps femoris muscle. *BMC Res Notes*. 2017; 10:300.
- 85.- Zaidman CM, Malkus EC, Siener C, Florence J, Pestronk A, Al-Lozi M. Qualitative and quantitative skeletal muscle ultrasound in late-onset acid maltase deficiency. *Muscle Nerve*. 2011 Sep;44(3):418-23.
- 86.- Patsaki I, Gerovasili V, Sidiras G, Karatzanos E, Mitsiou G, Papadopoulos E, et al. Effect of neuromuscular stimulation and individualized rehabilitation on muscle strength in Intensive Care Unit survivors: A randomized trial. *Journal of Critical Care*. 2017(40); 76-82.
- 87.- García-Peña C, García-Fabela LC, Gutiérrez-Robledo LM, García-González JJ, Arango-Lopera VE, Pérez-Zepeda MU. Handgrip strength predicts functional decline at discharge in hospitalized male elderly: a hospital cohort study. *PLoS One*. 2013 Jul 25;8(7):e69849.

- 88.- Mohamed-Hussein AAR, Makhoulouf HA, Selim ZI, Gamaleldin Saleh W. Association between hand grip strength with weaning and intensive care outcomes in COPD patients: A pilot study. *Clin Respir J*. 2018 Oct 1;12(10):2475-9.
- 89.- Gonzalez-Seguel F, Camus-Molina A, Leppe J, Hidalgo-Cabalin V, Gutierrez-Panchana T, Needham D, et al. Chilean version of the Functional Status Score for the Intensive Care Unit: A translation and cross-cultural adaptation. *Medwave* 2019;19(1):e7439.
- 90.- Knobe M, Giesen M, Plate S, Gradl-Dietsch G, Buecking B, Eschbach D, et al. The Aachen Mobility and Balance Index to measure physiological falls risk: a comparison with the Tinetti POMA Scale. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016 Oct;42(5):537-545.
- 91.- Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J*. 1965 Feb;14:61-5.
- 92.- Chrispin PS, Scotton H, Rogers J, Lloyd D, Ridley SA. Short Form 36 in the intensive care unit: assessment of acceptability, reliability and validity of the questionnaire. *Anaesthesia*. 1997 Jan;52(1):15-23.
- 93.- Pravda J. Metabolic theory of septic shock. *World J Crit Care Med*. 2014 May 4; 3(2): 45-54.
- 94.- Biolo G, Toigo G, Ciocchi B, Situlin R, Iscra F, Gullo A, et al. Metabolic response to injury and sepsis: changes in protein metabolism. *Nutrition*. 1997 Sep;13(9 Suppl):52S-57S.
- 95.- Preiser JC, Ichai C, Orban JC, Groeneveld AB. Metabolic response to the stress of critical illness. *Br J Anaesth*. 2014 Dec;113(6):945-54.
- 96.- Rocheteau P, Chatre L, Briand D, Mebarki M, Jouvion G, Bardon J, et al. Sepsis induces long-term metabolic and mitochondrial muscle stem cell dysfunction amenable by mesenchymal stem cell therapy. *Nat Commun*. 2015 Dec 15;6:10145.
- 97.- Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA*. 2013 Oct 16;310(15):1591-600.
- 98.- Zhu Chunyan, Liu Bao, Yang Tianjun, Mei Qing, Pan Aijun, Zhao Dongsheng. Effect of early rehabilitation physiotherapy on muscle quality and function in critically ill patients. *Chin Crit Care Med*. 2018 June;30(6):569-572.
- 99.- Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, Sarwal A, Berney S, Koopman R, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *J Crit Care*. 2015 Oct;30(5):1151.e9-14.
- 100.- Chen YH, Hsiao HF, Li LF, Chen NH, Huang CC. Effects of Electrical Muscle Stimulation in Subjects Undergoing Prolonged Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2019 Mar;64(3):262-271.
- 101.- Gruther W, Kainberger F, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Spiss C, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on muscle layer thickness of knee extensor muscles in intensive care unit patients: a pilot study. *J Rehabil Med*. 2010 Jun;42(6):593-7.
- 102.- Sinacore DR, Delitto A, King DS, Rose SJ. Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. *Phys Ther*. 1990 Jul;70(7):416-22.

- 103.- Mänttari S, Järvilehto M. Comparative analysis of mouse skeletal muscle fibre type composition and contractile responses to calcium channel blocker. *BMC Physiol.* 2005 Feb 14;5(1):4.
- 104.- Campbell IT, Watt T, Withers D, England R, Sukumar S, Keegan MA, et al. Muscle thickness, measured with ultrasound, may be an indicator of lean tissue wasting in multiple organ failure in the presence of edema. *Am J Clin Nutr.* 1995 Sep;62(3):533-9.
- 105.- Fischer A, Spiegl M, Altmann K, Winkler A, Salamon A, Themessl-Huber M, et al. Muscle mass, strength and functional outcomes in critically ill patients after cardiothoracic surgery: does neuromuscular electrical stimulation help? The Catastim 2 randomized controlled trial. *Crit Care.* 2016 Jan 29;20:30.
- 106.- Silva P.E, de Cássia Marqueti R, Livino-de-Carvalho K, Tavares de Araujo A, Castro J, Maldaner V, et al. Neuromuscular electrical stimulation in critically ill traumatic brain injury patients attenuates muscle atrophy, neurophysiological disorders, and weakness: a randomized controlled trial. *J intensive care.* 2019. 7:59.
- 107.- Vieira L, Melo P, Maldaner V, Santana L.V, Nobrega O.T, Durigan J, et al. Early Neuromuscular Electrical Stimulation Preserves Skeletal Muscle Size And Echogenicity In Mechanically Ventilated Polytrauma Patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016 May; 193:A4518.
- 108.- Karatzanos E, Gerovasili V, Zervakis D, Tripodaki ES, 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.
- 109.- Connolly BA, Jones GD, Curtis AA, Murphy PB, Douiri A, Hopkinson NS, et al. Clinical predictive value of manual muscle strength testing during critical illness: an observational cohort study. *Crit Care.* 2013 Oct 10;17(5):R229.
- 110.- Schlüssel MM, dos Anjos LA, de Vasconcellos MT, Kac G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clin Nutr.* 2008 Aug;27(4):601-7.
- 111.- Lee JJ, Waak K, Grosse-Sundrup M, Xue F, Lee J, Chipman D, et al. Global Muscle Strength But Not Grip Strength Predicts Mortality and Length of Stay in a General Population in a Surgical Intensive Care Unit. *Phys Ther.* 2012 Dec 1;92(12):1546-55.
- 112.- Vanpee G, Hermans G, Segers J, Gosselink R. Assessment of limb muscle strength in critically ill Patients: A systematic Review. *Crit Care Med.* 2014 Mar;42(3):701-11.
- 113.- García-Peña C, García-Fabela LC, Gutiérrez-Robledo LM, García-González JJ, Arango-Lopera VE, Pérez-Zepeda MU. Handgrip Strength Predicts Functional Decline at Discharge in Hospitalized Male Elderly: A Hospital Cohort Study. *PLoS One.* 2013 Jul 25;8(7):e69849.
- 114.- Roberson AR, Starkweather A, Grossman C, Acevedo E, Salyer J. Influence of muscle strength on early mobility in critically ill adult patients: Systematic literature review. *Heart Lung.* 2018 Jan - Feb;47(1):1-9.
- 115.- Bohannon RW. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2008;31(1):3-10.
- 116.- Parry SM, Huang M, Needham DM. Evaluating physical functioning in critical care: considerations for clinical practice and research. *Crit Care.* 2017. Nov; 21(1):249.

- 117.- Rydingsward JE, Horkan CM, Mogensen KM, Quraishi SA, Amrein K, Christopher KB. Functional Status in ICU Survivors and Out of Hospital Outcomes: A Cohort Study. *Crit Care Med*. 2016 May;44(5):869-79.
- 118.- Kho ME, Truong AD, Zanni JM, Ciesla ND, Brower RG, Palmer JB, et al. Neuromuscular electrical stimulation in mechanically ventilated patients: a randomized, sham-controlled pilot trial with blinded outcome assessment. *J Crit Care*. 2015 Feb;30(1):32-9.
- 119.- Chiang LL, Wang LY, Wu CP, Wu HD, Wu YT. Effects of physical training on functional status in patients with prolonged mechanical ventilation. *Phys Ther*. 2006 Sep;86(9):1271-81.
- 120.- Santos LJ, Santos F, Ferro F, Dorneles H, Bueno J, Silva M, et al. Functional assessment of in patients in the Intensive Care Unit of the University Hospital of Canoas. *Fisioter Pesqui*. 2017;24(4):437-443.
- 121.- Denehy L, de Morton NA, Skinner EH, Edbrooke L, Haines K, Warrillow S, et al. A physical function test for use in the intensive care unit: validity, responsiveness, and predictive utility of the physical function ICU test (scored). *Phys Ther*. 2013 Dec;93(12):1636-45.
122. 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*. 2011 Sep;35(3):133-40.
123. Kancir CB, Korsgaard PK. Activities of daily living (Barthel Index) at discharge from the intensive care unit. *Critical Care* 2010, 14(1):P439.
124. Vesz PS, Cremonese RV, Rosa RG, Maccari JG, Teixeira C. Impact of mechanical ventilation on quality of life and functional status after ICU discharge: A cross-sectional study. *Rev Assoc Med Bras (1992)*. 2018 Jan;64(1):47-53.
125. Doiron KA, Hoffmann TC, Beller EM. Early intervention (mobilization or active exercise) for critically ill adults in the intensive care unit. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Mar 27;3:CD010754.
126. 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.
127. Fan E, Dowdy DW, Colantuoni E, Mendez-Tellez PA, Sevransky JE, Shanholtz C, et al. Physical complications in acute lung injury survivors: a two-year longitudinal prospective study. *Crit Care Med*. 2014 Apr;42(4):849-59.
128. Parker A, Sricharoenchai T, Needham DM. Early Rehabilitation in the Intensive Care Unit: Preventing Physical and Mental Health Impairments. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2013 Dec;1(4):307-314.

ANEXOS

Anexo 1. Aprobación Comité Ético Científico Servicio de Salud Valdivia.



Ministerio de Salud
Servicio de Salud Valdivia
Comité Ético Científico
CPVMan

MINISTERIO DE SALUD
SERVICIO DE SALUD VALDIVIA
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO - REACREDITADO 2917-2020
ISE-83V

ORD.: N°523

ANT.: Carta 20.12.2018

MAT.: Aprueba y autoriza proyecto
de investigación

Valdivia, 31.12.2018

DE: Carlos Fernández Vega
Presidente Comité Ético Científico
Servicio de Salud Valdivia

A: Gabriel Nasri Marzuca Nassr
Profesora patrocinante
Departamento de Medicina Interna - Universidad de la Frontera

En respuesta a documento del antecedente, recibido el 20.12.2018, enviado para revisión y aprobación del proyecto de investigación titulado: **"Efectos de la electroestimulación de baja y media frecuencia en complemento a la terapia física estándar sobre la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos"**, informo a usted, que en reunión del día 20 de diciembre de 2018, este Comité consideró lo siguiente:

Los miembros del Comité que participaron de la revisión y evaluación del protocolo declararon no tener conflictos de interés. Se exime del pago de arancel de revisión puesto que se declara no tener financiamiento para este concepto.

La investigación se enmarca en el contexto de tesis para optar al grado de Magister en Terapia Física con Mención en Rehabilitación de la Universidad de La Frontera y está orientado a determinar los efectos de la electroestimulación muscular de baja frecuencia en comparación con media frecuencia sobre la atrofia muscular esquelética en pacientes críticos.

Esta investigación se llevará a cabo en la Unidad de Pacientes Críticos del Hospital Base San José de Osorno (HBSJO) y será realizada por el Kinesiólogo Pablo Guerra Vega, estudiante del programa de Magister en Terapia Física con Mención en Rehabilitación de la Universidad de La Frontera; quien será supervisado por el profesor patrocinante Gabriel Nasri Marzuca Nassr, Kinesiólogo. Colaborarán en la investigación los médicos Cristian Vera Fierro, Anestesiólogo, residente de la UCI y Claudio Betancourt Sotomayor, Radiólogo; ambos del HBSJO.

Los antecedentes curriculares de los investigadores y colaboradores garantizan la ejecución del proyecto de investigación dentro de los marcos científicos y éticamente aceptables.

Tomó conocimiento documentado del proyecto la jefa de la Unidad de Cuidados Intensivos del HBSJO Dra. Paula León Valderrama, quien además declara que este proyecto se enmarca en la política y compromiso de calidad de atención a los usuarios del HBSJO puesto que involucra el uso de nuevos instrumentos y herramientas de valoración diagnóstica enfocados al tratamiento de la atrofia muscular esquelética en pacientes de alta complejidad v.



Gobierno
de Chile

MINISTERIO DE SALUD
SERVICIO DE SALUD VALDIVIA
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO - REACREDITADO 2017-2020
CEC-SSV

En relación a la solicitud de dispensa del uso de Formulario de Consentimiento Informado (FCI), este Comité se pronuncia de manera favorable, habidas las consideraciones previas, destacando el hecho que los procedimientos aplicados son utilizados habitualmente en el cuidado de este tipo de pacientes, además; se informará sobre la ejecución de estudio y la medición de los efectos de los tratamientos aplicados, ampliamente en el HBSJO, a los familiares y al paciente, en la medida que éste recupere la conciencia; respetando la confidencialidad de la identidad de los participantes y la eventual negación de autorización para participar, tanto de la familia como del propio paciente. No obstante lo anterior, el Director del HBSJO debe finalmente autorizar la ejecución de este proyecto de investigación.

El diseño se ajusta a las normas de investigación en seres humanos. La razón de riesgo/beneficio fue estimada favorable para el participante, existiendo un potencial beneficio directo para el paciente.

El proyecto y documentación revisados no presentan reparos éticos, metodológicos ni legales y el Comité considera que la propuesta en general es beneficiosa para las actividades propias del hospital, para los profesionales sanitarios, tanto clínicos como administrativos, para los pacientes y para la comunidad científica.

En consecuencia, el CEC-SSV autoriza por unanimidad de los miembros presentes en la sesión, el proyecto de investigación previamente individualizado.

El profesor patrocinante, el alumno y los colaboradores, en adelante, los investigadores, todos profesionales sanitarios, se comprometen a respetar la legislación vigente, normas técnicas y recomendaciones nacionales e internacionales sobre investigación científica biomédica en particular, lo referente a la protección de datos personales, de acceso a los registros clínicos y de investigación en seres humanos, de acuerdo con la Ley N°19628, Ley N°20120, Ley N°20584, sus reglamentos de aplicación y modificaciones.

Los investigadores se comprometen a respetar el Reglamento Interno del CEC-SSV y a utilizar sólo la documentación que fue aprobada y autorizada por este Comité, la cual se entrega firmada y timbrada para ser copiada desde la versión original autorizada.

Los datos utilizados y la información obtenidas se limitan a lo expresado en la formulación del proyecto mencionado. No se autoriza otro uso. Esta aprobación tiene vigencia de un año, a contar de la fecha de emisión del presente oficio.

Es responsabilidad de los investigadores tramitar la autorización correspondiente con el Director(a) de la Institución en la cual se ejecutará el proyecto y enviar a este CEC con plazo máximo diciembre de 2019, por escrito y vía oficina de partes del SSV, un informe de avance tanto para solicitar prosecución del estudio o re-aprobación anual, así también para solicitar toma de conocimiento en caso de finalización del estudio, su respectivo informe final o cierre del centro, según corresponda.

Sin otro particular, se despide atentamente de usted,

COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO
SERVICIO DE SALUD VALDIVIA

Carlos Fernández Vega
Presidente Comité Ético Científico
Servicio de Salud Valdivia

CARLOS FERNÁNDEZ VEGA
RUT: 13.320.311-7
R.C.S. N° 211
BIQUÍMICO

Anexo 2. Autorización Comité Ético Asistencial Hospital Base San José Osorno.



ACTA REUNIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DEL H.B.O.

DIRECCIÓN HOSPITAL BASE DE OSORNO

FECHA : Osorno, viernes 15 de Febrero de 2019.
LUGAR : Sala Reuniones Dirección H.B.O.
HORA INICIO : 08:30 Hrs.
HORA TÉRMINO : 09:30 Hrs.

ASISTENTES:

Subdirector. Médico H.B.O.	: Dr. Álvaro Hornig Epple.
Jefe (S) Depto. Asesoría Jurídica H.B.O.	: Sr. Carlos Currieco Pavie
Jefe Servicio Medicina	: Dr. Luis Scholz
Jefe CR Quirúrgico	: No comparecencia
Neuróloga infantil	: No comparecencia.
Encargado IAAS.	: Dr. Jorge Mardones Monje.
Jefe Servicio Neurología	: Dr. Juan Polanco Tapia.
Jefe CR. Psiquiatría	: Dr. Manuel Flores.
Presidenta Consejo Consultivo	: No comparecencia.

[Handwritten signatures and stamps]

[Stamp: CARLOS E. CURRIECO PAVIE ABOGADO 17.215.685-3 HOSPITAL BASE SAN JOSE OSORNO]

[Stamp: LUIS JOSÉ MARDONES MONJE ABOGADO]

TEMA 2: "Solicito autorización para la realización del proyecto de investigación titulado: "Efectos de la electroestimulación de baja y media frecuencia en complemento a la terapia física estándar sobre atrofia muscular esquelética en pacientes críticos."

Se analiza por el comité, el verdadero sentido alcance de la solicitud, a su vez el fundamento contenido en la petición y ventajas que representa un estudio de esta naturaleza, pudiéndose apreciar en el proyecto, un alto grado de metodicidad con objetivos claros y medibles.

No existiendo inconveniente alguna para realizar el estudio en nuestra institución. En donde el investigador se compromete a respetar la legislación vigente, normas técnicas y recomendaciones nacionales e internacionales sobre investigación científica biomédica en particular, lo referente a la protección de datos personales, de acceso a los registros clínicos y de investigación en seres humanos, de acuerdo a la ley N°19628, ley N°20120, ley N°20584 y sus respectivas modificaciones.

El comité da lugar a la realización del estudio respectivo en la forma requerida, se hace presente que dicho estudio fue aprobado por el comité de Ética científico del servicio de salud de Valdivia, mediante Ordinario N°523 de fecha 31 de diciembre del 2018

Se hace presente que previo a iniciar el proyecto de investigación, se debe coordinar una reunión con el comité IAAS, para efectos de Coordinar, organizar, dirigir, controlar y evaluar las acciones pendientes a prevenir las infecciones asociadas a la atención de salud.

Siendo las 09:30 hrs. se pone término a la reunión quedando el Sr. Currieco en elaborar el acta de la misma, la que será enviada a todos los asistentes.

