

# Efectos cardiovasculares de un protocolo de reacondicionamiento físico en pacientes críticos de tres centros asistenciales en Bogotá, Colombia

Cesar Orlando Enciso-Olivera\*

Juan Carlos Galvis-Rincón\*\*

Erika De La Torre-Díaz\*\*\*

Alejandra Devia-León\*\*\*

Daniel Alejandro Camargo-Puerto\*\*\*

\*Médico Anestesiólogo. Especialista en Medicina Crítica. Director del Grupo de investigación en Medicina Crítica Aguda. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá. Cundinamarca. Colombia.

\*\* Médico Especialista en Medicina del Deporte. Jefe del Programa de Medicina de la Actividad Física y el Deporte. Director del Grupo de Investigación Actividad Física. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá. Cundinamarca. Colombia.

\*\*\* Médico Especialista en Medicina del Deporte. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Cundinamarca. Bogotá. Colombia.

**Correspondencia:** Dr. Juan Carlos Galvis Rincón. Dirección: Cra. 52 No. 67<sup>a</sup> – 17. Hospital Infantil Universitario de San José. Bogotá. Cundinamarca. Colombia. Correo electrónico: jcgavis@gmail.com

## RESUMEN

El síndrome de desacondicionamiento físico es una complicación frecuente en los pacientes con reposo prolongado; su principal característica es la atrofia muscular que afecta principalmente las fibras musculares tipo II y se asocia a un daño de la placa neuromuscular. Esto conlleva a múltiples alteraciones metabólicas y sistémicas, como la dificultad para abandonar la ventilación mecánica, la fatiga, el retorno tardío a las actividades de la vida cotidiana y períodos de rehabilitación prolongados. El presente estudio tuvo como objetivo describir los cambios cardiovasculares en pacientes hospitalizados en unidades de cuidado intensivo, al aplicar un protocolo de actividad física dirigida como parte de la rehabilitación. Se trata de un estudio descriptivo tipo serie de casos que se realizó en tres unidades de cuidado intensivo de tipo polivalente durante un año con una muestra de 23 pacientes que tuvieron una estancia superior a 72 horas y que como parte del manejo recibieron ventilación mecánica. Se evaluaron como parámetros cardiovasculares la presión arterial y la frecuencia cardíaca antes, durante y después de cada una de las cargas aplicadas, las cuales fueron ajustadas por un especialista en medicina de la actividad física y del deporte de acuerdo a la evolución clínica y posteriormente registradas en una escala del uno al treinta y dos. Se analizaron los datos de las variables cardiovasculares por medio de estadísticas no paramétricas sin encontrar diferencias significativas concluyendo que en pacientes críticos, la utilización de cargas orientadas por parte del especialista idóneo, no tiene efecto cardiovascular considerable y puede mantenerse como parte de los protocolos de rehabilitación. **MÉD.UIS. 2016;29(2):161-73.**

**Palabras clave:** Atrofia. Locomoción. Acondicionamiento Físico Humano. Intervención Médica Temprana. Debilidad Muscular.

## Cardiovascular effects as a result of a physical conditioning protocol on a critical care in-patient, at three medical centers in Bogotá – Colombia

## ABSTRACT

The deconditioning syndrome is a frequent complication among prolonged hospital in-staying patients. It is composed by muscle atrophy which mainly affects type II fibers and it is associated with a neuromuscular junction damage. All this leads to many metabolic and systemic alterations, standing out mechanic ventilation weaning difficulty, fatigue, late return to daily activities and prolonged rehabilitation periods. The purpose was to describe the cardiovascular changes in Intensive Care Unit patients, once a guided physical activity protocol took place as part of the rehabilitation. It is a one year series of cases – descriptive study that took place in three polyvalent type – Intensive Care Units, with a sample of above 72 hours in-stay 23 patients which were having mechanical ventilation support simultaneously. As cardiovascular parameters where checked blood pressure and heart rate at three different times: before, during and after each one of the physical activity loads which were adjusted by a physical and sports medicine physician according to the clinical progress and registered according a 1 to 32 load scale. Cardiovascular data was analyzed with non-parametrical statistics. No significant differences were found;

concluding that among in-stay critical care patients, idoneus specialist guided physical activity loads, have no considerable cardiovascular effect and can be kept as a part of a rehabilitation protocol. MÉD.UIS. 2016;29(2):161-73.

**Keywords:** Atrophy. Locomotion. Physical Conditioning, Human. Early Medical Intervention. Muscle Weakness.

---

**¿Cómo citar este artículo?:** Enciso-Olivera CO, Galvis-Rincón JC, De La Torre-Díaz E, Devia-León A, Camargo-Puerto DA. Efectos cardiovasculares de un protocolo de reacondicionamiento físico en pacientes críticos de tres centros asistenciales en Bogotá, Colombia. MÉD.UIS. 2016;29(2):161-73.

---

## INTRODUCCIÓN

El síndrome de desacondicionamiento físico es una complicación frecuente, sin embargo la información en términos de prevalencia e incidencia aún no está bien establecida dado al uso de otra terminología para referirse a este diagnóstico. Hasta el momento, se han descrito prescripciones de rehabilitaciones agudas o causas complejas relacionadas con el mismo, encontrándose 5% para las agudas y 13% para las complejas<sup>1</sup>. Este síndrome se presenta en pacientes con reposo prolongado y se relaciona con la alteración del metabolismo celular derivada de la falta de movimiento. En la actualidad, la literatura muestra un aumento en el número de artículos que apoyan la utilidad y beneficios de la movilidad temprana como disminución de la morbimortalidad ocasionada por este. En el paciente crítico, su aparición se relaciona con el aumento en la estancia hospitalaria, el tiempo de ventilación mecánica, infecciones y mortalidad<sup>2-4</sup>. Este síndrome o disfunción neuromuscular se presenta por un reposo prolongado con atrofia muscular que afecta principalmente las fibras musculares tipo II. Esta asociado a un daño de la placa neuromuscular por denervación funcional, presentando fatiga muscular por menor capacidad oxidativa de la mitocondria, baja tolerancia al déficit de oxígeno y mayor dependencia del metabolismo oxidativo<sup>2,3,5-9</sup>. La lesión de la placa neuromuscular y la pérdida de masa muscular conlleva a múltiples alteraciones metabólicas y sistémicas que en el ámbito clínico se caracterizan por la dificultad para abandonar la ventilación mecánica, la fatiga, un retorno tardío a las actividades de la vida cotidiana y periodos de rehabilitación que pueden ir más allá de un año para obtener una adecuada función muscular<sup>4,10-20</sup>.

El presente estudio tiene como objetivo describir la respuesta cardiovascular a través de la evaluación en los cambios de la Frecuencia Cardíaca (FC), Presión Arterial Sistólica (PAS) y Presión Arterial Diastólica (PAD) al inicio, durante y al final de la aplicación de una carga

de ejercicio determinado, con el fin de establecer las bases para el desarrollo de un modelo de intervención y movilización activa de los pacientes críticos.

## ACTIVIDAD FÍSICA

La actividad física se define como toda contracción muscular que genera un gasto calórico<sup>21</sup>. En el contexto de la atención de los pacientes de la unidad de cuidado intensivo, la movilidad es considerada un factor innecesario y peligroso, por lo cual se emplean elevadas y continuas dosis de sedación para limitar cualquier esfuerzo. Sin embargo, desde una nueva perspectiva, la contracción muscular activa es un componente importante en el manejo y el control de las complicaciones inherentes al paciente crítico<sup>21-3</sup>. Para realizar una adecuada prescripción del ejercicio, es importante aclarar que este puede llegar a ocasionar efectos deletéreos para el paciente, por lo que requiere ser realizada y supervisada por un especialista en medicina de la actividad física y el deporte, quien está capacitado para definir y prescribir una carga de ejercicio con su correspondiente progresión.

La base fisiológica para la prescripción del ejercicio es el principio de sobrecarga, que se define como el estímulo que debe generar el entrenamiento para lograr conseguir adaptaciones y por lo tanto, debe ser mayor que el esfuerzo físico diario<sup>21</sup>. La adaptación es un proceso que implica la variación del número de receptores en las células de un órgano, en este caso el músculo, con el fin de adecuar su metabolismo a nuevas exigencias. Este se produce con la intervención coordinada de los mediadores bioquímicos pertenecientes a los tres sistemas fundamentales del organismo: sistema nervioso central, neuroendocrino e inmunológico. La integración de estos es lo que permite que se genere el síndrome general de adaptación, que se define como la respuesta adaptativa e inespecífica del organismo ante cualquier estímulo<sup>21,24</sup>.

La intensidad del ejercicio puede ser monitorizada mediante una escala análoga visual que permite establecer la percepción de la fatiga del paciente ante una carga impuesta. La escala de Borg se define como la cuantificación subjetiva de la sensación de intensidad en términos de fatiga tanto a nivel central (cardiovascular) como a nivel periférico (muscular) al ejecutar una carga determinada del ejercicio. Se establece la escala para poder definir la intensidad de la carga o del ejercicio<sup>3,4,6,7</sup> (Ver Tabla 1).

**Tabla 1. Escala de Borg. Percepción subjetiva de la fatiga obtenida y traducida**

| INDICE | DESCRIPCIÓN    |
|--------|----------------|
| 0      | Reposo         |
| 1      | Muy, Muy fácil |
| 2      | Fácil          |
| 3      | Moderado       |
| 4      | Algo duro      |
| 5      | Duro           |
| 6      |                |
| 7      | Muy duro       |
| 8      |                |
| 9      |                |
| 10     | Máximo         |

Fuente: Borg Scand G. Esfuerzo Percibido Como un Indicador de Estrés Somático. *Revista de Rehabilitación Médica* 1970;2-3:92-8

Los efectos del ejercicio son los cambios obtenidos durante la aplicación de un programa de actividad física o de entrenamiento, pueden ser medidos por el tiempo en que se realiza y sirven de referencia para la progresión del ejercicio (Ver Tabla 2). El proceso de recuperación se produce después del esfuerzo y su magnitud depende fundamentalmente de las cargas aplicadas y la tolerancia del sujeto a las mismas, esto es generado por la relación existente entre la intensidad de la carga y el tiempo dedicado al descanso posterior<sup>21</sup>. A partir del movimiento, mediante la contracción muscular activa, se busca recuperar la comunicación entre músculo esquelético y el sistema nervioso central, lo cual a su vez facilita la respuesta inflamatoria, aumenta la sensibilidad a la insulina, disminuye la lisis muscular y la resorción ósea, de manera que el reacondicionamiento físico disminuye las complicaciones del reposo prolongado y mejora la calidad de vida de los pacientes<sup>10,21,24-8</sup>.

**Tabla 2. Efectos obtenidos durante un programa de actividad física**

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Efectos inmediatos</b> | Son los efectos que se producen al aplicar las cargas, desaparecen rápidamente, por lo cual son indicadores valiosos para planear la progresión de las mismas. Se miden a través del grado de fatiga observado a nivel local y general. |
| <b>Efectos retardados</b> | Hace referencia a los efectos producidos por las cargas de las sesiones anteriores. Son adaptaciones lentas que se observan tiempo después.   |
| <b>Efectos acumulados</b> | Son los que se consiguen al final del programa de entrenamiento dando como resultado la mejoría de las cualidades físicas y el rendimiento general.   |

Fuente: American College of sports medicine. Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in sports and exercise*. 2009;41(3) 687-708

### DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS

Estudio descriptivo tipo serie de casos, realizado en las unidades de cuidados intensivos polivalentes de tres centros asistenciales privados de la ciudad de Bogotá: Hospital Universitario de San José, Hospital Infantil Universitario de San José y la Clínica Fundadores. Se obtuvo una muestra de 23 pacientes adultos conformado por ocho hombres y 15 mujeres mayores de 18 años, con estancia en la unidad igual o mayor a 72 horas, quienes tuvieron requerimiento de ventilación mecánica (Ver Figura 1). Se excluyeron aquellos pacientes que presentaban limitaciones inherentes a su patología de base que impidieran la aplicación del protocolo, tales como amputaciones, limitaciones motoras o incapacidad para comunicarse con el medio o la comprensión y el seguimiento de órdenes; así como también aquellos que según el protocolo de rehabilitación cardíaca del *American College of Sports Medicine* y *American Heart Association*<sup>21</sup> presentaron una contraindicación absoluta o relativa para la realización de actividad física.

Se informó a los familiares o acudientes de cada paciente sobre el protocolo a realizar, quienes autorizaron la inclusión al estudio. Se diligenció y se firmó el consentimiento informado, revisado

y aprobado por el Comité de Ética de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Adicionalmente se llevó a cabo una encuesta de actividad física previa del paciente para su clasificación según el American College of Sport Medicine.

### PROTOCOLO

El protocolo de actividad física aplicado tenía como base el programa de rehabilitación cardíaca fase I del Hospital Infantil Universitario de San José. Este protocolo constó de 32 cargas claramente diferenciadas por su intensidad. Las más leves se desarrollaron en decúbito supino, las intermedias en sedente y las más duras en bípedo, diferenciadas entre sí por el número de ejercicios que realiza en cada sesión de trabajo. El modo elegido para las cargas fue la contracción muscular producto de la flexo extensión y rotación de muñecas y tobillos; el

volumen dependía del número de repeticiones y la cantidad de series que realizaba el sujeto con una progresión ascendente de movilidad de rodillas y cadera con lo cual se obtenía el mayor volumen de trabajo en relación a la masa muscular (Ver Tabla 3).

Las cargas están distribuidas de la más ligera (No carga 1) a la más intensa (No carga 32). El modo describe el tipo de ejercicio o movimientos que realiza el individuo. La intensidad establece el número de movimientos mediante las repeticiones, seguido de un momento de descanso o recuperación y el número de series o bloques de repeticiones que debe realizar el individuo, así como la velocidad en la que debe desplazar los segmentos corporales manteniendo la simetría entre la contracción concéntrica y la excéntrica de cada movimiento. La progresión hace referencia al incremento de la carga en cuanto a intensidad.

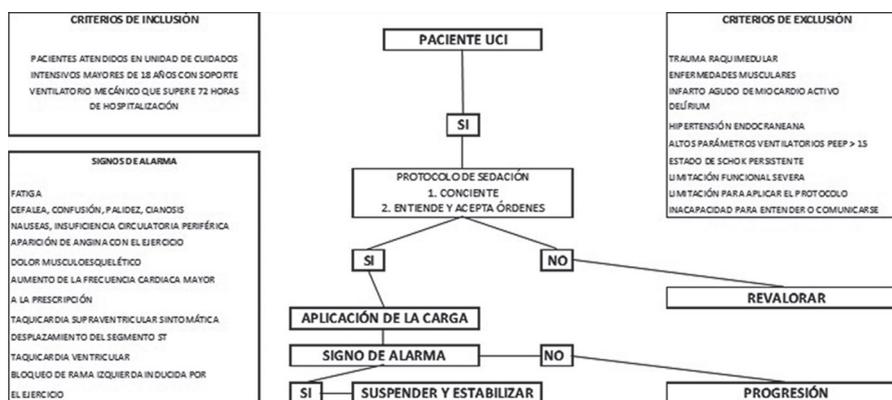


Figura 1. Diagrama de flujo para la aplicación del protocolo  
Fuente: Autores

Cada sesión se inició con la valoración clínica del paciente que incluía la escala MCR (para establecer la presencia de debilidad muscular); posteriormente se le explicó la intervención a realizar y la carga a aplicar, haciendo énfasis en la escala visual análoga de Borg, para que calificara la percepción de la intensidad de la sesión realizada. Se consignó el valor de cada variable antes del inicio, durante y después de finalizar la actividad y volver al reposo.

Al completarse la primera etapa y de acuerdo con la tolerancia del paciente se realizó la misma carga, pero se modificó su ejecución a la posición de sedente en cama y posteriormente en silla. El cambio en la posición incrementa el trabajo final

realizado y de esta manera define la progresión en la actividad. Si el paciente lograba culminar las etapas en silla y su estado físico lo permitía, se realizaban las últimas cargas que consistían en marcha asistida en cubículo y posteriormente en pasillo de acuerdo a la tolerancia del paciente. Cada carga seguía una progresión con el aumento de las repeticiones o de las series iniciales además de ser asignada, aplicada y dirigida por el especialista en medicina de la actividad física y el deporte. A su vez el especialista de la unidad de cuidados intensivos mantuvo seguimiento de las variables clínicas relacionadas con el sistema cardiovascular, respiratorio y definió la necesidad de modificar la actividad o suspenderla si en algún momento consideraba que existía deterioro en la condición clínica del paciente.

Tabla 3. Cargas de ejercicio del protocolo de actividad física

| APLICACIÓN DE LA CARGA   |   |   | PROGRESIÓN  |
|--------------------------|---|---|---|
| No. CARGA                | MODO  | INTENSIDAD  | SUMA DE LA CARGA ANTERIOR CON LA NUEVA. SE REALIZARÁ EN LA TARDE.           |
| <b>PACIENTE ACOSTADO</b> |   |   |   |
| 1                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |   |
| 2                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |   |
| 3                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |   |
| 4                        | Tobillo y mano, Flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 5                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 3-4 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 6                        |   | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 7                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 8                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 9                        | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |

| APLICACIÓN DE LA CARGA                         |   |  | PROGRESIÓN  |
|--|---|--|---|
| No. CARGA                                      | MODO  | INTENSIDAD   | SUMA DE LA CARGA ANTERIOR CON LA NUEVA. SE REALIZARÁ EN LA TARDE.           |
| <b>PACIENTE SENTADO EN EL BORDE DE LA CAMA</b> |   |  |   |
| 10   | Sentar al paciente al borde la de cama lo que tolere  | Series: 2<br>Repeticiones: 2<br>Recuperación: A tolerancia<br>Velocidad: 1:1 |   |
| 11   | Tobillo y mano, Flexión, Extensión, Rotación  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  |   |
| 12   | Tobillo y mano, Flexión, Extensión, Rotación  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  |   |
| 13   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  |   |
| 14   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 15   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 3-4 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 16   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 17   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 18   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 19   | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |

| APLICACIÓN DE LA CARGA              |   |  | PROGRESIÓN  |
|-------------------------------------|---|--|---|
| No. CARGA                           | MODO  | INTENSIDAD   | SUMA DE LA CARGA ANTERIOR CON LA NUEVA. SE REALIZARÁ EN LA TARDE.           |
| <b>PACIENTE SENTADO EN LA SILLA</b> |   |  |   |
| 20                                  | Sentar al paciente en una silla lo que tolere   | Series: 2<br>Repeticiones: 2<br>Recuperación: A tolerancia<br>Velocidad: 1:1 |   |
| 21                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  |   |
| 22                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  |   |
| 23                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  |   |
| 24                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 25                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 3-4 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 26                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 27                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 2<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 28                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 5<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |
| 29                                  | Tobillo y mano, flexión, extensión, rotación<br>Rodilla y codo, flexión, extensión<br>Hombro y Cadera, flexión, extensión, rotación | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1  | Series: 3<br>Repeticiones: 8<br>Recuperación: 2-3 minutos<br>Velocidad: 1:1 |

| APLICACIÓN DE LA CARGA    |                     |  | PROGRESIÓN  |
|---------------------------|---------------------|--|---|
| No. CARGA                 | MODO                | INTENSIDAD   | SUMA DE LA CARGA ANTERIOR CON LA NUEVA. SE REALIZARÁ EN LA TARDE. |
| <b>PACIENTE EN BIPEDO</b> |                     |  |   |
| 30                        | Marcha a tolerancia | Series: 2<br>Repeticiones: 2<br>Recuperación: A tolerancia<br>Velocidad: 1:1 |   |
| 31                        | Marcha              | Marcha en cubículo a tolerancia  |   |
| 32                        | Marcha              | Marcha en pasillo a tolerancia   |   |

Fuente: Autores

Este protocolo fue avalado por el Grupo de Investigación en Actividad Física y el Comité de Ética de investigación con seres humanos del Hospital Universitario de San José y de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, se mantuvo seguimiento por las normas internacionales vigentes del Código de Núremberg, la declaración de Helsinki y el informe de Belmont. Teniendo en cuenta la normatividad colombiana vigente en la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud en el artículo 11, el estudio se califica categoría C.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La recolección de la información se llevó a cabo mediante una base de datos de diligenciamiento web y posteriormente analizados mediante el programa Stata versión 10.0. Los datos demográficos y clínicos se presentaron a través de medidas de tendencia central y dispersión según la distribución de la variable. Se utilizó la prueba de ShapiroWilks para evaluar la distribución normal de las variables. Mediante el test de Kruskal Wallis se compararon los datos de las variables hemodinámicas de PAS, PAD y FC antes, durante y posterior a la sesión. La relación entre la intensidad de la carga y la intensidad de la fatiga, cuantificada mediante la escala de Borg, se representó siguiendo un modelo de regresión lineal simple.

## RESULTADOS

Durante un año se analizaron 23 pacientes con una estancia superior a 72 horas y quienes durante su hospitalización mantuvieron siempre requerimiento de ventilación mecánica. El nivel de actividad física previo a su ingreso a la unidad de cuidados intensivos permitió clasificar al 83% de los enfermos dentro del

grupo de sedentarios riesgosos y sedentarios no saludables, con un promedio de fuerza muscular de 39,7 (DE±12,61) según la escala MCR, que los califica con debilidad muscular. La percepción de la intensidad de la carga o de la fatiga establecida mediante la escala de Borg evidenció un promedio de 3 (DE±0.87) con un valor mínimo de 2 para las cargas más livianas y un valor máximo de 5 para las cargas más intensas (Ver Tabla 4).

En lo que respecta a la distribución de las variables se emplearon pruebas no paramétricas para la comparación. Mediante el test de Kruskal Wallis se demostró que no existieron cambios significativos durante los tres momentos relacionados en la aplicación de las cargas (ver la tabla 5) para la PAS ( $p= 0,06$ ) y la PAD ( $p= 0,13$ ). Para la FC se obtuvo una diferencia significativa en los tres momentos evaluados con un valor de  $p= 0,0001$ , con una variabilidad en la FC promedio de 11 latidos por minuto.

Se buscó la relación existente entre la intensidad de la carga y la percepción de fatiga documentada mediante la escala de Borg. En la regresión la  $p$  tuvo un valor de 0,9 que no permitió definir en las sesiones analizadas el comportamiento lineal entre estas variables. Mediante la misma metodología se buscó identificar la relación entre la carga y la magnitud del cambio cardiovascular expresado en FC, PAS Y PAD antes, durante y después de la sesión de ejercicio.

Tanto la PAD y la PAS tuvieron, ascensos y descensos de la presión en las diferentes cargas, lo que no permite establecer una relación lineal al momento de incrementar la intensidad de la carga, descartando que sus efectos en la variación correspondan al estímulo del ejercicio (Ver Figuras 2 y 3).

Tabla 4. Características basales de la población

|   | n              | %    |
|---|----------------|------|
| Hombres                                 | 8              | 34,8 |
| Mujeres                                 | 15             | 65,2 |
| Total                                   | 23             | 100  |
| <b>EDAD</b>                             |                |      |
| Mediana                                 | 51,04          |      |
| Promedio                                | 49,5 DE(19,23) |      |
| Mínima                                  | 18             |      |
| Máxima                                  | 82             |      |
| <b>NIVEL DE ACTIVIDAD FISICA PREVIO</b> |                |      |
| Promedio                                | 2,0 METS       |      |
| Mínima                                  | 0,6 METS       |      |
| Máxima                                  | 4,5 METS       |      |
| Sedentario riesgoso(1-1,5 METS/h)       | 10             | 43,4 |
| Sedentario no saludable(1,6-2,9 METS/h) | 9              | 39,2 |
| Saludable(3,0-4,2 METS/h)               | 3              | 13   |
| Protector. Muy saludable(>4,2 METS/h)   | 1              | 4,4  |
| <b>FUERZA MUSCULAR AL INICIO (MCR)</b>  |                |      |
| Mediana                                 | 37,4           |      |
| Promedio                                | 40 DE(12,6)    |      |
| Mínima                                  | 8              |      |
| Máxima                                  | 58             |      |
| Sin fuerza (0)                          | 0              | 0    |
| Debilidad muscular significativa(<48)   | 21             | 91,3 |
| Fuerza muscular normal (>60)            | 2              | 8,7  |
| <b>ESCALA DE BORG</b>                   |                |      |
| Mediana                                 | 3              |      |
| Promedio                                | 3 DE(0,87)     |      |
| Mínima                                  | 2              |      |
| Máxima                                  | 5              |      |

Fuente: Autores

Tabla 5. Valores de las variables según los momentos

|                | PAS1 | PAS2 | PAS3 | PAD1 | PAD2 | PAD3 | FC1 | FC2 | FC3 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| <b>MINIMA</b>  | 90   | 85   | 88   | 32   | 32   | 40   | 52  | 60  | 52  |
| <b>MAXIMA</b>  | 197  | 202  | 204  | 122  | 129  | 131  | 146 | 220 | 146 |
| <b>MEDIANA</b> | 120  | 124  | 120  | 72   | 75   | 73   | 95  | 105 | 99  |
| <b>P25</b>     | 110  | 112  | 110  | 58   | 69   | 68   | 83  | 94  | 85  |
| <b>P75</b>     | 132  | 136  | 132  | 81   | 84   | 80   | 109 | 120 | 113 |

Antes de la aplicación de la carga (1), durante la aplicación de la carga (2) y luego de la aplicación de la carga (3). PAS: Presión Arterial Sistólica, PAD: Presión Arterial Diastólica y FC: Frecuencia Cardíaca

Fuente: Autores

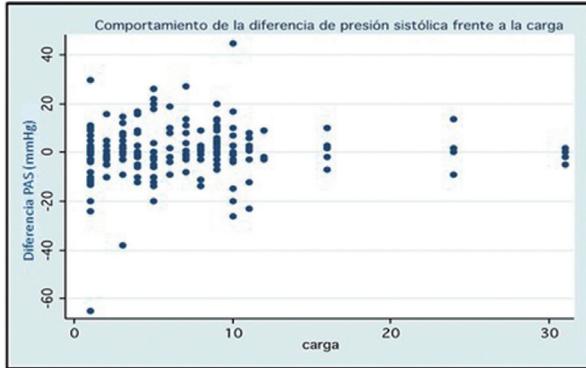


Figura 2. Comportamiento de la diferencia de la presión arterial sistólica frente a la carga

Los valores positivos corresponden a los incrementos de la PAS y los negativos a los decrementos de la misma. La carga establece el número que define cada una de las intensidades aplicadas y va de 1 a 32

Fuente: Autores

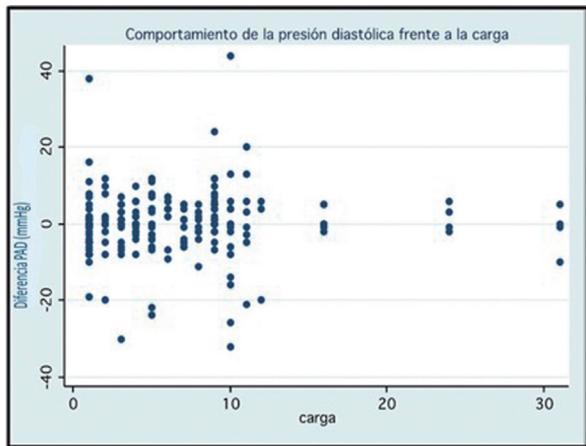


Figura 3. Comportamiento de la diferencia de la presión arterial diastólica frente a la carga

Los valores positivos corresponden a los incrementos de la PAD y los negativos a los decrementos de la misma. La carga establece el número que define cada una de las intensidades aplicadas y va de 1 a 32

Fuente: Autores

Por otro lado, la FC (Ver Figura 4) muestra el mismo comportamiento que la PAS y PAD, ascensos y descensos de la FC en las diferentes cargas, lo que tampoco permite establecer una relación lineal al momento de incrementar la intensidad de la carga, descartando que el efecto de la variación de la FC corresponda al estímulo del ejercicio.

Aunque no existieron cambios significativos durante los tres momentos relacionados en la aplicación de las cargas (antes, durante y después). Para la FC se obtuvo una diferencia significativa en el segundo momento con una variabilidad en la FC promedio de 11 latidos por minuto (Ver Figura 5).

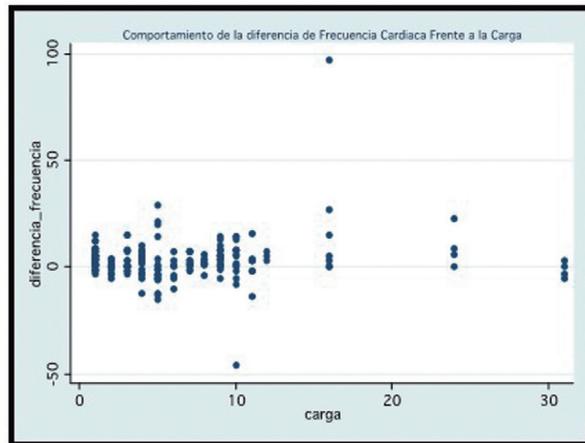


Figura 4. Comportamiento de la diferencia de la frecuencia cardiaca frente a la carga

La diferencia de la frecuencia cardiaca está dada en pulsaciones por minuto, tomando como valor central 0 correspondiente a ninguna variación de la FC para cada carga, los valores positivos son el aumento de la FC y los negativos la reducción de la misma. La carga establece el número que define cada una de las intensidades aplicadas y va de 1 a 32

Fuente: Autores

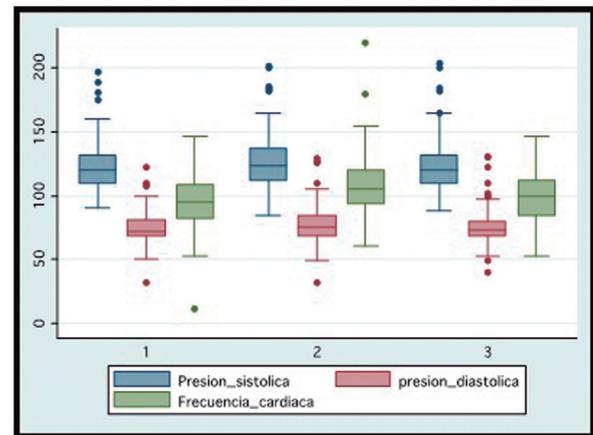


Figura 5. Gráfica de cajas y bigotes para representar los cambios en la FC, PAD, PAS en los tres momentos de la sesión 1 (antes), 2(durante), 3(después)

Fuente: Autores

## DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio era evaluar los cambios cardiovasculares relacionados con la actividad física que limitara o impidiera la realización de un protocolo de reacondicionamiento físico establecido desde la medicina de la actividad física y el deporte. Este establece que el eje central en la rehabilitación del paciente en estado crítico debe ser el movimiento activo con cargas progresivas, ajustando la intensidad con la resistencia o con el número de repeticiones de los ejercicios, sin excluir las diferentes estrategias preventivas y terapéuticas utilizadas de manera sistemática.

Las razones por la cual la actividad física favorece un mejor resultado en términos de morbimortalidad, tiempo de ventilación mecánica y de estancia hospitalaria, parecen derivarse de los efectos del movimiento sobre el metabolismo, el control neuromuscular y el acoplamiento cardiovascular y respiratorio, con evidencia disponible en la limitación de la reducción del peso a expensas de la masa muscular, de un mejor balance de nitrógeno y efectos positivos en la movilización diafragmática con posiciones diferentes de la posición.

Contrastando algunos conceptos previos relacionados a la utilidad de disminuir la actividad física del paciente mediante una inmovilización completa a base de altas dosis de sedación (incluso relajación muscular) que conlleva a reducir el consumo de oxígeno durante la enfermedad crítica; la estabilidad en las variables de presión arterial y FC en la mayoría de las 32 cargas aplicadas permite establecer que es posible, dentro de un rango de seguridad, iniciar actividad física voluntaria con fines de reacondicionamiento físico, empleando cargas controladas y monitorizadas que de manera progresiva incrementen la intensidad y por lo tanto el consumo de oxígeno en los pacientes críticos que inclusive pueden llegar a la bipedestación y la marcha, esto soporta múltiples trabajos incluidos en la revisión sistemática realizada por Needham DM, Truong AD y Fan E. que demuestran el beneficio obtenido por los pacientes con movilización temprana atendidos en la unidad de cuidados intensivos<sup>29</sup>.

El análisis estadístico demostró un cambio significativo en la FC el cual se considera que no tiene representación desde el punto de vista clínico con un promedio de cambio de 11 latidos, adicionalmente es un valor seguro en el protocolo de rehabilitación cardíaca del Hospital Infantil Universitario de San José. Este cambio en la FC se considera fisiológico, más aún en pacientes que podrían ser clasificados como sedentarios en la evaluación física antes del evento que los llevó a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).

Pese a que es claro el cambio que se espera en las variables cardiovasculares en relación con el ejercicio, la evidencia disponible referente al comportamiento cardiovascular en el paciente crítico durante las fases de rehabilitación en la UCI es limitada o inexistente; los trabajos de investigación similares han resumido resultados de movilización pasiva y sus variables de desenlace sobre estancia en UCI, días de ventilación

mecánica y éxito de la rehabilitación<sup>24,25,30-7</sup> y no en la descripción de los protocolos de rehabilitación, reacondicionamiento físico, ni cuantificación de las cargas aplicadas y menos en sus efectos cardiovasculares (FC, PAS y FAD).

La movilidad temprana de los pacientes en UCI ha demostrado beneficio; con al menos 20 publicaciones sobre el tema que coinciden con intervenciones de calidad, que evalúan el papel del ejercicio o de la movilidad pasiva de los pacientes en UCI<sup>24,25,30-7</sup>. Esta intervención con movilidad temprana activa ha sido uno de los primeros protocolos desarrollados de manera completa que se modelaron después de la intervención de Morris *et al.* y es muy similar a los estudios más recientes de Schweickert *et al.*, Needham *et al.* y Clark *et al.*, en los que se establecieron cambios en la mortalidad, situación que no se evaluó en el actual estudio, pero si se documentó un mínimo efecto cardiovascular<sup>2,29,33,35</sup>. Zomorodi *et al.*, concluyen que todos los pacientes ingresados en la UCI, deben ser evaluados e incluidos en un programa de movilidad temprana<sup>35</sup>.

Según reportes de Clark y cols. las complicaciones de las vías respiratorias después del programa de movilidad temprana disminuyeron, atribuyéndose a la mejora de la ventilación/perfusión, la distensibilidad pulmonar y el aclaramiento mucociliar. En el estudio la dosis de la actividad física ejecutada por los pacientes inició por la carga 1 (Ver Tabla 3), y se ajustó con incrementos según el estado clínico del paciente y la tolerancia a la carga aplicada previamente, situación que difiere del estudio realizado por Clark y cols. en la que no se logró hacer una medición adecuada de la dosis de actividad física aplicada en los pacientes<sup>33</sup>.

Así mismo, en otros estudios similares, los protocolos desarrollados no incluyen la evaluación por especialistas en la medicina física o del deporte, con la posibilidad de presentar sesgos relacionados con la intervención a pesar de lo cual demuestran la reducción del tiempo de estancia en UCI en dos días en promedio, con menor frecuencia de delirio y menores dosis de sedación de los pacientes inscritos en programas como el de movilidad temprana en Johns Hopkins UCI<sup>37</sup>.

La principal limitación en este estudio corresponde al número de pacientes incluidos, con los sesgos que derivan de la evidencia propuesta desde series de casos, sin embargo se considera que la información

disponible sirve como punto de partida para análisis más detallados en los cuales la medición de la función cardíaca o del consumo del oxígeno sean incluidos y permitan dar cuenta de cambios más específicos generados por el movimiento.

## CONCLUSIONES

Los protocolos de reacondicionamiento físico orientados por un grupo interdisciplinario que incluya médicos especialistas en actividad física y del deporte, brindan beneficios a los pacientes críticos en cuanto a los desenlaces del tiempo de estancia, los días de ventilación mecánica, mortalidad, control glicémico y nitrogenado, riesgo de infecciones, masa muscular esquelética e independencia. Estos deben ajustarse al incremento de cargas de manera progresiva y controlada a partir de gestos de movilización segmentaria voluntaria, por medio de contracciones musculares que van de grupos musculares pequeños distales a grandes proximales, de decúbito supino a sedente y a bípedo, con un número definido de repeticiones, series, tiempo de descanso y velocidad de contracción que supone una dosificación precisa de la carga. El protocolo aplicado en este estudio, no generó efectos o modificaciones en las variables cardiovasculares evaluadas en los pacientes adultos atendidos en las unidades de cuidados intensivos, tanto la presión arterial sistólica como diastólica no sufrieron variaciones significativas durante la aplicación de las 32 cargas y aunque la frecuencia cardíaca tuvo variaciones en 11 latidos, esto no pone en riesgo la estabilidad cardiovascular del paciente en estado crítico. En concordancia con los resultados de la literatura la movilización temprana no afecta los pacientes críticos y puede generar beneficios en desenlaces como el tiempo de estancia, los días de ventilación mecánica y la mortalidad. No obstante, se considera necesario más estudios con diseños aleatorizados que faciliten comparar las diferentes estrategias y obtener un mayor número de variables para cuantificar los cambios.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kortebein P. Rehabilitation for hospital-associated deconditioning. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009;88(1):66-77.

2. Morris PE, Herridge MS. Early intensive care unit mobility: future directions. *Crit Care Clin.* 2007;23(1):97-110.
3. Winkelman C. Inactivity and inflammation in the critically ill patient. *Crit Care Clin.* 2007;23(1):21-34.
4. De Jonghe B, Lacherade JC, Durand MC, Sharshar T. Critical illness neuromuscular syndromes. *Crit Care Clin.* 2006;22(4):805-18.
5. Evans WJ. Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity. *American J Clin Nutr.* 2010;91(4):1123S-7S.
6. Lightfoot A, McArdle A, Griffiths RD. Muscle in defense. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S384-90.
7. Reid WD, Rurak J, Harris RL. Skeletal muscle response to inflammation--lessons for chronic obstructive pulmonary disease. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S372-83.
8. Stevens RD, Dowdy DW, Michaels RK, Mendez-Tellez PA, Pronovost PJ, Needham DM. Neuromuscular dysfunction acquired in critical illness: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2007;33(11):1876-91.
9. Stewart JM. Chronic fatigue syndrome: comments on deconditioning, blood volume and resulting cardiac function. *Clin Sci (Lond).* 2009;118(2):121-3.
10. Brower RG. Consequences of bed rest. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S422-8.
11. Chambers MA, Moylan JS, Reid MB. Physical inactivity and muscle weakness in the critically ill. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S337-46.
12. Guadagni M, Biolo G. Effects of inflammation and/or inactivity on the need for dietary protein. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2009;12(6):617-22.
13. Rennie MJ. Anabolic resistance in critically ill patients. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S398-9.
14. Bercker S, Weber-Carstens S, Deja M, Grimm C, Wolf S, Behse F, et al. Critical illness polyneuropathy and myopathy in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2005;33(4):711-5.
15. Herridge MS. Legacy of intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S457-61.
16. Khan J, Harrison TB, Rich MM. Mechanisms of neuromuscular dysfunction in critical illness. *Crit Care Clin.* 2008;24(1):165-77.
17. Pati S, Goodfellow JA, Iyadurai S, Hilton-Jones D. Approach to critical illness polyneuropathy and myopathy. *Postgrad Med J.* 2008;84(993):354-60.
18. Vincent JL, Norrenberg M. Intensive care unit-acquired weakness: framing the topic. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S296-8.
19. Herridge MS, Batt J, Hopkins RO. The pathophysiology of long-term neuromuscular and cognitive outcomes following critical illness. *Crit Care Clin.* 2008;24(1):179-99.
20. Young GB, Hammond RR. A stronger approach to weakness in the intensive care unit. *Crit Care.* 2004;8(6):416-8.
21. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
22. Conwit RA, Bhanushali MJ, Porter JD, Kaufmann P, Gutmann L. Adding more muscle and nerve to clinical trials. *Muscle Nerve.* 2011;44(5):695-702.
23. Bittner EA, Martyn JA, George E, Frontera WR, Eikermann M. Measurement of muscle strength in the intensive care unit. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S321-30.
24. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(2):364-80.
25. Bailey PP, Miller RR, 3rd, Clemmer TP. Culture of early mobility in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S429-35.
26. Casey CM. The study of activity in older ICU patients: an integrative review. *J Gerontol Nurs.* 2013;39(8):12-25.
27. Clum SR, Rumbak MJ. Mobilizing the patient in the intensive care unit: the role of early tracheotomy. *Crit Care Clin.* 2007;23(1):71-9.
28. de Jonghe B, Lacherade JC, Sharshar T, Outin H. Intensive care unit-acquired weakness: risk factors and prevention. *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S309-15.
29. Needham DM. Mobilizing patients in the intensive care unit: improving neuromuscular weakness and physical function. *JAMA.* 2008;300(14):1685-90.
30. Dang SL. ABCDEs of ICU: Early mobility. *Crit Care Nurs Q.* 2013;36(2):163-8.

MAYO-AGOSTO

31. Engel HJ, Needham DM, Morris PE, Gropper MA. ICU early mobilization: from recommendation to implementation at three medical centers. *Crit Care Med.* 2013;41:S69-80.
32. Engel HJ, Tatebe S, Alonzo PB, Mustille RL, Rivera MJ. Physical therapist-established intensive care unit early mobilization program: quality improvement project for critical care at the University of California San Francisco Medical Center. *Phys Ther.* 2013;93(7):975-85.
33. Clark DE, Lowman JD, Griffin RL, Matthews HM, Reiff DA. Effectiveness of an early mobilization protocol in a trauma and burns intensive care unit: a retrospective cohort study. *Phys Ther.* 2013;93(2):186-96.
34. Hopkins RO, Spuhler VJ. Strategies for promoting early activity in critically ill mechanically ventilated patients. *AACN Adv Crit Care.* 2009;20(3):277-89.
35. Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exer Sport Sci Rev.* 2008;36(4):173-8.
36. 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.
37. Zomorodi M, Topley D, McAnaw M. Developing a mobility protocol for early mobilization of patients in a surgical/trauma ICU. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:964547.