

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Trauma raquimedular y rehabilitación cardiopulmonar

Spinal cord injury and cardiopulmonary rehabilitation

^aCamilo Adolfo Leal Verdugo¹, ^bDiego Mauricio Chaustre Ruiz²

Autores:

¹Médico Residente de segundo año, Medicina Física y Rehabilitación, Universidad Nacional de Colombia. Unidad de Rehabilitación Cardíaca y Pulmonar, Hospital Central de la Policía. Bogotá, Colombia.

²Médico Fisiatra, Coordinador del Programa de Rehabilitación Cardiopulmonar, Hospital Central de la Policía, Bogotá, Colombia.

Correspondencia:
Camilo Adolfo Leal,
caalealve@unal.edu.co

Recibido:
22.05.20

Aceptado:
12.07.20

Citación:
Leal Verdugo CA,
Chaustre Ruiz DM.
Trauma raquimedular y rehabilitación cardiopulmonar. Rev Col Med Fis Rehab. 2020;30(1):54-66.

Conflictos de interés:
Los autores del presente artículo declaran que no presenta conflictos de interés de manera personal o incluso con terceros relacionados por parentesco familiar o vinculación.

RESUMEN

Las personas con lesión medular presentan alteraciones cardiopulmonares y físicas más allá del compromiso motor secundario derivado de la lesión medular; ello genera desacondicionamiento, alteraciones de la dinámica respiratoria y del volumen sanguíneo circulante, y sedentarismo, lo cual aumenta el riesgo cardiovascular. El ejercicio es una herramienta de manejo de estas alteraciones con escasa difusión clínica. Se describe su importancia para el paciente lesionado medular, los mecanismos de evaluación funcional y la formulación del ejercicio. Los beneficios son la optimización del gasto cardíaco y el balance respiratorio muscular, así como la mejora en el desempeño de las actividades básicas cotidianas y su funcionalidad relacionada con dispositivos de marcha y movilidad. La valoración funcional tiene protocolos específicos dependientes del nivel de lesión, así como la prescripción del ejercicio. Los programas de rehabilitación cardíaca y pulmonar, así como la prescripción del ejercicio, deben ser considerados en los programas de rehabilitación y manejo del paciente con lesión medular.

Palabras clave. Trauma raquimedular, rehabilitación cardíaca, rehabilitación pulmonar, fisiología, pruebas funcionales, ejercicio.

<http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v30n1a5>



ABSTRACT

People with spinal cord injury have cardiopulmonary and physical alterations beyond the secondary motor compromise due to spinal cord injury, causing deconditioning, alteration in respiratory dynamics, circulating blood volume, and sedentary lifestyle, increasing cardiovascular risk. Exercise is a management tool for these abnormalities with little clinical diffusion. We describe its importance for the spinal cord injured patient, the mechanisms of functional evaluation and exercise formulation. The benefits are the optimization of cardiac output, the respiratory muscle balance and the improvement in performance in basic daily activities, and its functionality related to walking and mobility devices. The functional assessment has specific protocols depending on the level of injury, as well as the prescription of exercise. Cardiac, pulmonary rehabilitation programs as well as the prescription of exercise should be considered in rehabilitation programs and management of the patient with spinal cord injury.

Key words. Spinal cord trauma, cardiac rehabilitation, pulmonary rehabilitation, physiology, functional tests, exercise.

<http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v30n1a5>



INTRODUCCIÓN

La médula espinal es la asociación neuronal entre nervios periféricos y encéfalo, que funciona de manera bidireccional, permitiendo su conexión para llevar información motora, sensitiva y autonómica. Así mismo, es el lugar donde se integran los receptores corporales con sus efectores motores y autonómicos. Y por esa multiplicidad de funciones, las lesiones que involucran la médula espinal presentan varios tipos y grados de disfunción, dependiendo de las estructuras afectadas¹.

La lesión medular aqueja a aproximadamente 288.000 personas y tiene una incidencia de 177.00 casos anuales, solamente en Estados Unidos², afectando principalmente individuos jóvenes y físicamente activos, con desacondicionamiento físico posterior, lo que contribuye al surgimiento de complicaciones multisistémicas, limitaciones para la actividad y el envejecimiento, así como diabetes mellitus, dislipidemia e hipertensión^{1,3}.

Debido a que en las actividades diarias de las personas con lesión medular no se presentan cargas adecuadas relacionadas con acondicionamiento físico, estos pacientes se benefician del ejercicio estructurado, el cual debe ser agregado a todo programa de rehabilitación con el fin de mejorar la capacidad funcional y disminuir el riesgo de complicaciones sistémicas, metabólicas y cardiovasculares⁴.

Sin embargo, a pesar de sus bondades, el uso del ejercicio como mecanismo de optimización funcional en el paciente con lesión medular no se halla ampliamente difundido, así como la rehabilitación cardíaca y pulmonar de estos pacientes; ello en parte debido a que no se comprenden sus beneficios para el paciente con trauma raquímedular y, por otro lado, debido a la reducida información al respecto. Por tal razón realizamos esta revisión, en la que se describe la importancia del ejercicio para el paciente con lesión medular, sus mecanismos de evaluación funcional y la formulación del ejercicio para su condición.

Importancia de la rehabilitación cardiopulmonar y el ejercicio en el trauma raquímedular

La enfermedad cardiovascular se ha convertido en el factor de morbilidad y mortalidad predominante en los pacientes con trauma raquímedular, excediendo otras causas de mortalidad previamente relevantes (renales o pulmonares), ya que los factores de riesgo de la enfermedad cardiovascular tienden a ser más prevalentes en pacientes con lesión medular que aquellos que no la presentan^{5,6,7}, es decir, obesidad, dislipidemias, síndrome metabólico y diabetes mellitus.

El gasto energético diario de los pacientes con trauma raquímedular es más bajo que la población general debido a la pérdida de sus funciones motoras y por una menor oferta y acceso a programas de actividad física para esta población⁵. Además, en pacientes con lesiones medulares altas (por encima de T6), se presenta disfunción autonómica, la cual aumenta el riesgo cardiovascular debido a un deficiente control de la tensión arterial, la variabilidad cardíaca, las arritmias y una adaptación cardíaca deficiente a la actividad física¹. Por esto, la rehabilitación cardíaca es un componente esencial en el manejo del paciente con trauma raquímedular, ya que la intervención sobre los factores de riesgo disminuye la incidencia de la enfermedad cardiovascular en estos pacientes.

Así mismo, los pacientes con lesión medular experimentan alteraciones circulatorias que dependen del nivel de su lesión¹. Lesiones por encima de T1 producen hipotensión en el reposo con una presión arterial promedio de 70 mmHg⁸; la funcionalidad de la bomba cardíaca y su eficiencia se ven disminuidas debido a la alteración de la dinámica circulatoria (disminución del volumen circulante y de las presiones del sistema circulatorio)⁹. Por su parte, los pacientes con lesiones medulares altas que presentan clínicamente tetraplejía presentan una reducción en la precarga cardíaca y el volumen miocárdico llevando a atrofia del ventrículo izquierdo^{1,8,10}. Finalmente, los pacientes con

lesiones medulares bajas clínicamente con paraplejía, presentan valores de tensión arterial normales y una masa ventricular izquierda normal, pero presentan una fracción de eyección reducida, así como su frecuencia cardíaca^{1,10}.

Los pacientes con lesión medular y movilidad reducida de sus extremidades inferiores muestran un patrón clínico habitual; suelen presentar un flujo de volumen de alrededor de la mitad o 2/3 de aquel reportado en pacientes normalizados, lo cual conlleva una pérdida del control autonómico del flujo sanguíneo, así como un menor control del flujo sanguíneo local por el endotelio vascular, por lo cual tienen mayor predisposición a desarrollar trombosis vascular^{1,11-13}.

A pesar de las complicaciones asociadas a la lesión medular, el ejercicio llevado a cabo en programas de rehabilitación cardíaca ha mostrado beneficios en la mejoría del tono adrenérgico predominante en estos pacientes, con una mejor regulación de su frecuencia cardíaca, causando su disminución, optimización del flujo sanguíneo circulante y mejoras en el VO₂ máximo, fuerza y función respiratoria^{1,4,14}.

La función respiratoria es otro elemento que presenta importante afectación en los pacientes con lesiones medulares, con mayor compromiso de los músculos respiratorios en las lesiones medulares en los niveles más altos y en las lesiones completas¹⁵. El principal músculo respiratorio es el diafragma, inervado por el nervio frénico proveniente de las raíces nerviosas cervicales 3 a 5, el cual, al contraerse en inspiración, desplaza las vísceras abdominales, incrementa el volumen de la cavidad torácica y eleva la caja torácica inferior¹⁶. Los músculos intercostales externos son inervados por los nervios espinales torácicos correspondientes de cada nivel y tienen una acción sinérgica con el diafragma durante la inspiración, elevando las costillas de la 2 a la 12. Otros músculos accesorios de la inspiración son el esternocleidomastoideo (inervado por el nervio craneal XI), los escalenos (C2-C7) y el trapecio (NC XI), quienes elevan las costillas superiores y el esternón^{15,16}.

Los músculos espiratorios son usualmente pormenorizados, en razón a que la espiración es un proceso de carácter pasivo en el reposo; no obstante, hay mayor demanda de reclutamiento de estos músculos durante el ejercicio o la producción de la tos. Los principales músculos de este proceso son los intercostales internos y los músculos abdominales, los primeros siendo inervados por los nervios torácicos correspondientes y los segundos por inervaciones desde T5 a L1. También hay músculos accesorios, como la porción clavicular del pectoral mayor (C5-C7) y el dorsal ancho (C6-C8)^{16,17}.

Un adecuado funcionamiento del diafragma depende de una función adecuada de los músculos intercostales y abdominales. Por ello, en los pacientes con lesiones torácicas o cervicales, la parálisis de estos músculos altera la función del diafragma. Así mismo, los músculos intercostales externos, juegan un papel importante en la inspiración al controlar el efecto de la presión negativa que genera el diafragma. Sin embargo, en los pacientes con lesión medular, estos músculos no logran su efecto, generando un movimiento inspiratorio paradójico. Por otra parte, los músculos abdominales en parálisis facilitan la dilatación abdominal, lo cual permite una mayor contracción del diafragma para un volumen corriente mayor al requerido en el momento¹⁶. La combinación de estas alteraciones disminuye la eficacia del diafragma, ocasionando que se inhale un menor volumen de oxígeno para una determinada cantidad de trabajo de este músculo, lo cual finalmente ocasiona un mayor trabajo muscular para lograr una apropiada ventilación pulmonar¹⁶⁻¹⁸.

El curso natural de las alteraciones respiratorias asociadas al trauma raquímedular, en especial a nivel cervical, inicialmente presentan un shock espinal en el que hay parálisis flácida y arreflexia por debajo del nivel de la lesión, lo cual conlleva una disminución máxima de la capacidad vital y los flujos de espiración, con una capacidad vital forzada menor al 25% de su predicho^{16,19}. La capacidad vital presenta recuperaciones funcionales luego de cinco

semanas y un doble de su capacidad comparado con el momento del shock espinal entre los tres meses y un año luego de la lesión; así mismo, durante este tiempo, la capacidad vital, la capacidad inspiratoria, la capacidad pulmonar total y los flujos inspiratorios y espiratorios aumentan^{16,20}.

Estas mejoras en la dinámica pulmonar se consideran secundarias a la optimización paulatina en la función del diafragma, luego de la estabilización de la lesión medular, así como en los músculos accesorios del cuello, el cambio de parálisis flácida a espástica y una mayor estabilidad en la reja torácica^{16,20}; sin embargo, no se pueden desconocer las ventajas de la rehabilitación cardiopulmonar en estos pacientes, que muestran mejoras en su capacidad vital y presiones máximas, tanto inspiratorias, como espiratorias^{16, 21-25}.

Precisamente, por la optimización que se presenta en la función respiratoria y cardiaca con el ejercicio, así como la mejora en la función endotelial de estos pacientes —los cuales suelen tener una movilidad reducida y una mayor propensión a enfermedades vasculares—, es que la rehabilitación cardiaca y pulmonar resulta fundamental en la rehabilitación del paciente con trauma raquimedular, puesto que, independientemente del nivel de lesión medular, los efectos del acondicionamiento físico tienen una repercusión global en la fisiología de los pacientes, así como el mantenimiento de las sinergias y balances de la musculatura inspiratoria y espiratoria, que no solo dependen de la innervación diafragmática, sino también de todos los otros músculos involucrados en la dinámica respiratoria y que incluso se encuentran en segmentos medulares más bajos respecto al nivel cervical, el cual ha sido el protagonista de la función pulmonar durante la rehabilitación²⁶.

Valoración de la capacidad funcional en el paciente con trauma raquimedular

Poder establecer la capacidad cardiorrespiratoria de los pacientes con trauma raquimedular depende en gran medida de su capacidad

de deambulación y los mecanismos que utiliza para la misma, es decir, la valoración de un paciente que se moviliza en silla de ruedas es diferente a la del paciente que utiliza bastones, caminadores u órtesis para la marcha.

Para los pacientes en sillas de ruedas, su valoración funcional usualmente se establece a través de protocolos sobre silla de ruedas o en cicloergómetros, teniendo la primera modalidad la ventaja de asemejar tareas comparables a las que estos pacientes realizan en su vida diaria; sin embargo, este tipo de evaluaciones presentan la dificultad de ser poco disponibles debido a su alto costo y dificultades de estandarización¹. Estos protocolos en silla de ruedas tienen varias presentaciones, pero usualmente utilizan secuencias de 2 a 3 minutos de duración cada una, similares a los protocolos para el paciente sin lesión medular^{27,28}. Como consecuencia de esto, la evaluación en cicloergómetro es la modalidad más aceptada para estos pacientes, los cuales usualmente presentan un fenotipo parapléjico, lo cual conlleva al uso de sillas de ruedas como mecanismo de desplazamiento, todo esto a pesar de la falta de especificidad de este tipo de evaluaciones en relación con el gesto utilizado por los pacientes para el desplazamiento en sillas de ruedas¹.

Debido a la amplia cantidad de presentaciones clínicas que pueden tener los pacientes con lesiones medulares, los valores normativos de los criterios de estudio son difíciles de establecer, como lo es el VO_2 máximo ($\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$); sin embargo, ha habido múltiples aplicaciones para obtenerlos, logrando incluso estimativos por categorías de utilidad para clasificar la funcionalidad de los pacientes en subgrupos, de acuerdo a si estos son tetrapléjicos o cuadripléjicos^{29,30}.

La capacidad física tiene además unos determinantes, siendo el nivel de lesión tal vez el más importante, teniendo claro que mientras más alto es el nivel de la lesión, es menor la capacidad física^{1,29,32}. Así mismo, la capacidad física se reduce con la edad, encontrándose una disminución de $0,17 \text{ L.min}^{-1}$ por cada década

de vida^{29,31}. El tiempo transcurrido luego de la lesión tiene una relación positiva con la capacidad funcional, teniendo en cuenta que los primeros años de adaptación a la lesión ocasionan disminución en la funcionalidad, los cuales mejoran tras pasar el proceso agudo de recuperación y de rehabilitación; incluso el inicio de actividades deportivas luego de la rehabilitación es un determinante para cambios positivos en la capacidad funcional. Así mismo, el aumento de peso declina la capacidad funcional, encontrándose una disminución de $0,07 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ por cada kilogramo de peso ganado^{29,33}.

Por otra parte, los pacientes que presentan lesiones medulares incompletas pueden llegar a desarrollar deambulaci3n m3s f3cilmente utilizando muletas, bastones, caminadores, 3rtesis u otras ayudas para la marcha; por tanto, la determinaci3n de la capacidad funcional de estos pacientes requiere otros abordajes, siendo los test de caminata o en caminadora los m3s aceptados³⁴.

Sin embargo, dichos test en caminadora inician con altas velocidades e incrementos amplios entre cada una de sus etapas, lo cual es una limitaci3n para el paciente con trauma raquimedular, ya que ellos presentan una velocidad m3xima de marcha de $5,4 \text{ km/h}^{35}$, la cual es sobrepasada f3cilmente por los protocolos de capacidad funcional usados habitualmente para las personas sin lesi3n medular. As3 mismo, con la inclinaci3n de la banda, ya que cuando son mayores a 10° pueden llegar a ser demandantes para el paciente con lesi3n medular, ello debido m3s a s3ntomas de fatiga muscular que a limitaci3n cardiopulmonar³⁶. Por esto se han desarrollado protocolos espec3ficos para pacientes con lesiones medulares incompletas y que tengan capacidad de deambulaci3n, con inicios a velocidades m3s bajas y tolerables para ellos, as3 como incrementos m3s reducidos entre cada etapa del ejercicio a fin de facilitar la adaptaci3n de los pacientes, los cuales poseen una mejor sensibilidad para establecer el VO_2 m3ximo que el ampliamente difundido Protocolo de Bruce Modificado³⁴.

Los test de caminata son una opci3n ampliamente disponible para quienes no disponen para su evaluaci3n de caminadoras o no cuentan con los protocolos previamente mencionados. Entre estas opciones sobresale el Test de Caminata en 6 minutos como estudio de comparaci3n, debido a su amplia difusi3n; sin embargo, se han reconocido algunas dificultades, en lo que refiere a las caracter3sticas que requiere la pista donde se realiza la prueba y los giros, ya que en el paciente con lesi3n medular y ayudas para la marcha, realizar estos 3ltimos implica grandes esfuerzos y modificaciones en su marcha que pueden causar fatiga m3s temprana y mayores gastos energ3ticos, no relacionados con la caminata como tal. Como alternativa se propone el Test de Caminata en 10 metros que es una opci3n m3s f3cil de implementar que el Test de Caminata en 6 minutos, no requiere motivaci3n por parte del examinador, posee buena validaci3n inter e intraobservador, no amerita giros o cambios de direcci3n por parte del paciente y es incluso considerado una medida de desenlace en marcha del paciente con trauma raquimedular³⁷⁻⁴⁰.

Prescripci3n del ejercicio

Para la formulaci3n del ejercicio en el paciente con lesi3n medular es importante tener en cuenta el nivel de lesi3n, ya que este impacta la capacidad funcional y la respuesta cardiaca y pulmonar ante la actividad f3sica⁴¹ (Tabla 1).

Respecto al tipo de ejercicio para estos pacientes, es esencial la realizaci3n diaria de ejercicios de flexibilidad, debido a las contracturas y la espasticidad que desarrollan, imbalances musculares que obligan a trabajar este componente de manera diaria, enfocados en el estiramiento de los m3sculos agonistas de los movimientos, con una velocidad para la realizaci3n de los mismos que sea lenta, para no evocar el reflejo de contracci3n que puede agravar la espasticidad y ejercicios de fuerza para los antagonistas de dichos m3sculos, para favorecer ese balance perdido⁴¹. Todo esto teniendo en cuenta algunas limitaciones para realizar este

Tabla 1. Características clínicas según el nivel de lesión medular⁴¹.

Nivel de la lesión	Características clínicas
L2 - S2	Pérdida del control voluntario de la función intestinal, urinaria y sexual. Extremidades superiores y tronco conservan funcionalidad y control voluntario.
T6 - L2	Tienen control respiratorio y motor que depende de la funcionalidad de la musculatura abdominal (mínima T6, máxima L2)
T1 - T6	Termorregulación deficiente, hipotensión ortostática y con ejercicio, disreflexia autonómica, bradicardia por aumento de tono vagal con frecuencia cardíaca máxima limitada a 115-130 latidos por minuto, aproximadamente. Capacidad respiratoria reducida por parálisis de músculos intercostales. Preservan funcionalidad de miembros superiores.
C5- C8	Usualmente tetrapléjicos. Lesiones C8 tienen control voluntario de escapula, hombro, codo y muñeca, pero funcionalidad de la mano reducida. Lesiones C5 dependen de la funcionalidad del hombro y bíceps braquial para su movilidad y autocuidado. Disreflexia autonómica e hipotensión ortostática presentes.
Por encima de C4	Requiere soporte ventilatorio. Disreflexia autonómica e hipotensión ortostática presentes.

tipo de ejercicio, como mala tolerancia al dolor, artritis, contracturas permanentes, síndromes por sobreuso y osificación heterotópica (Tabla 2).

Los objetivos del ejercicio y de la rehabilitación cardiopulmonar serán entonces prevenir el desacondicionamiento asociado a esta patología, mejorar la fuerza y la resistencia muscular, así como la flexibilidad, para conseguir una mejor independencia funcional, prevenir caídas y lesiones deportivas, con un mejor desempeño en actividades deportivas y recreacionales⁴¹.

Como ha sido ampliamente reportado, el entrenamiento aeróbico mejora el VO₂ máxi-

mo en los pacientes con lesión medular, siendo su mejoría inversamente proporcional al nivel de la lesión medular¹; es decir, los pacientes con una presentación clínica de tetraplejía (usualmente lesiones medulares cervicales) tienen mayores dificultades para lograr las ganancias funcionales que los pacientes con paraplejía (lesiones medulares inferiores)⁴², quienes usualmente logran mejoras de 10 % a 20 % en esta medida luego de 8 a 12 semanas de entrenamiento aeróbico^{1,46}.

Las recomendaciones para la realización de ejercicio aeróbico para personas con lesión medular no varían sustancialmente respecto de las dadas para la población general^{1,43,44}: Tres

Tabla 2. Prescripción del ejercicio en pacientes con lesión medular.

Tipo de ejercicio	Prescripción de ejercicio
Aeróbico	Iniciar 2 días a la semana, progresar a 5 días con intensidad inicial de 40-60% de frecuencia cardíaca de reserva, progresar a 75-90%, con un tiempo de ejercicio inicial de 5-10 minutos con reposos activos de 5 minutos, progresar hasta 60 minutos reduciendo paulatinamente los periodos de recuperación, realizando ejercicio en cicloergómetro, remo, ejercicios de propulsión en silla de ruedas, natación, deportes adaptados a sillas de ruedas y ciclismo o caminata acompañados de estimulación eléctrica.
Fuerza / Resistencia	2 veces a la semana en días no consecutivos, 3 series de 8 a 12 repeticiones con intensidades moderadas, preferiblemente altas, de una repetición máxima en ejercicios de peso, libre, máquinas con soporte de peso y bandas. Ejercicios de prensa o empuje en músculos agonistas, tracción en músculos antagonistas. Énfasis en músculos del tórax, abdominales, estabilizadores cintura escapular.
Flexibilidad	Diariamente, preferiblemente de manera activa, enfocados en los músculos agonistas de los movimientos; no sobrepasar si hay dolor mayor a 2 en escala de dolor de 1 a 10.

a cinco días por semana, con sesiones desde 20 a 60 minutos de duración, con una intensidad entre 50 % y 80 % del VO_2 máximo, es la prescripción de ejercicio aeróbico recomendada para los pacientes con lesión medular^{1,44,46}, siendo el cicloergómetro, el remo, los ejercicios de propulsión en silla de ruedas, la natación, los deportes adaptados a sillas de ruedas y ciclismo o caminata, acompañados de estimulación eléctrica, los tipos de ejercicios más recomendados (Figuras 1 y 2).

De manera similar, las recomendaciones de ejercicio aeróbico estipuladas por The American College of Sports Medicine (ACSM) coinciden con revisiones adicionales en términos de frecuencia e intensidad del ejercicio; también se especifican cargas iniciales de 5 a 10 minutos con 5 minutos de recuperación activa, con progresiones que buscan llegar a un mínimo de 20 minutos por sesión, con una disminución paulatina de los periodos de descanso, siendo posible también eliminarlos⁴¹ (Tabla 2).

Muchos menos conocidos son los efectos del ejercicio de fuerza o resistencia en las personas con lesión medular, situación paradójica, teniendo en cuenta que la debilidad muscular es un síntoma que aqueja a muchos pacientes, así como el dolor en hombros y/o cintura escapular, principalmente en aquellos usuarios de sillas de ruedas, el cual interfiere en actividades de la vida diaria, principalmente en las transferencias, en la propulsión sobre la silla de ruedas y en actividades que impliquen elevación de los brazos. Por ello, incorporar ejercicio de fuerza / resistencia en los programas de rehabilitación cardiopulmonar de estos pacientes es más que necesario^{1,47,48}.

El enfoque del ejercicio de resistencia debe orientarse al fortalecimiento de los músculos usados para actividades de la vida diaria, por lo cual el cicloergómetro, como elemento de resistencia, no es recomendable debido a que los músculos que estabilizan la articulación escapulo-torácica, así como musculatura torácica, no se ven fortalecidos por este tipo de entrenamiento⁴¹.



Figura 1. Paciente con lesión medular cervical incompleta realizando entrenamiento aeróbico en bicicleta estática.



Figura 2. Paciente con lesión medular cervical incompleta realizando entrenamiento aeróbico en banda sin fin.

Por otra parte, realizar remo como ejercicio de resistencia si es adecuado, pues mejora la estabilidad escapular, el *fitness* cardiorrespiratorio y el desempeño en la propulsión en silla de ruedas^{1,41,49} (Tabla 2).

Las recomendaciones generales para este tipo de entrenamiento son dos veces a la semana, preferiblemente no continuos los días en que se realiza con tres series de 8 a 12 repeticiones de intensidades moderadas a altas, predominantemente usando peso libre, máquinas con peso o bandas elásticas o con resorte^{1,41,45}.

Combinar las dos modalidades de entrenamiento (aeróbico y fuerza / resistencia) es adecuado en estos pacientes porque se obtiene una mejora relacionada con ambos tipos de ejercicio. Así mismo, se logra mayor desempeño de la capacidad funcional en periodos de tiempo más cortos que los entrenamientos por individual, así como una optimización de las actividades de la vida diaria⁵⁰. Este tipo de entrenamiento incluye movimientos de baja intensidad y alta cadencia, intercalados con ejercicios de resistencia en pares de músculos (agonistas y antagonistas), llevados a cabo en estaciones a lo largo de la zona de trabajo; a esto se le llama circuito¹. Entre cada estación se realizarán recuperaciones de 2 minutos con ejercicio aeróbico, ya sea en cicloergómetro, o ejercicio con la silla de ruedas^{1,51}.

Los ejercicios de resistencia deben enfatizar las acciones de empuje, como prensas en banca, prensas de pecho para desarrollar deltoides anterior y músculos pectorales, así como rotadores internos de hombro, músculos esenciales para la propulsión en silla de ruedas y las transferencias⁴¹. Sin embargo, estos deben ser alternados con ejercicios de tracción para los antagonistas de los mismos.

Consideraciones especiales para la realización de ejercicio en pacientes con lesión medular^{1,41,43}

- Realizar limpieza intestinal y vaciamiento urinario antes de la realización de la

práctica de ejercicio para reducir riesgo de disreflexia autonómica.

- Revisión diaria de zonas de presión en búsqueda de úlceras de presión.
- Los pacientes con tensión arterial sistólica en reposo mayor de 180 mmHg no deben iniciar ejercicio, con contraindicación severa para pacientes con lesiones por encima de T6.
- Restringir las actividades de fuerza con soporte de peso para pacientes que presentan un reposo prolongado en decúbito supino y que no han logrado sedente reciente por mayor riesgo de presentar fracturas.
- En pacientes con lesiones medulares incompletas, que preservan actividad volitiva para realizar ejercicio bípedo y caminata, promover el ejercicio que incluya extremidades inferiores de manera frecuente, con recomendación del uso de bicicletas estáticas; el ejercicio en banda sin fin para estos pacientes queda a consideración del profesional tratante, dependiendo de su capacidad funcional.
- Las actividades de fuerza / resistencia deben combinar su realización en la silla de ruedas del paciente y otro módulo que incluya la realización de actividades por fuera de la silla para promover y fortalecer los músculos estabilizadores del tronco.
- Los pacientes que se benefician del efecto de *tenodesis* para realizar agarres, deben evitar realizar ejercicios de flexibilidad o estiramientos de los músculos flexores de dedos.
- Debido a su termorregulación deficiente, los pacientes con lesión medular se benefician de utilizar ropa ligera, chalecos fríos y bloqueador solar.

CONCLUSIÓN

Las personas con lesiones medulares suelen presentar alteraciones cardiopulmonares y físicas que van más allá de la alteración motora subsecuente al nivel de lesión medular que presentan; suelen presentar desacondicionamiento por la reducción en la movilidad a la que son sometidos, así como alteraciones en la dinámica respiratoria, no sólo cuando hay compromiso del músculo diafragma, sino en niveles medulares bajos, en los que la musculatura accesorio ha sido afectada; también presentan alteraciones del volumen sanguíneo circulante al perder control sobre la bomba venosa y el retorno del gasto cardiaco al corazón, lo cual, sumado al sedentarismo relativo al que se someten, aumenta el riesgo cardiovascular de estos pacientes.

Los beneficios del ejercicio y de la rehabilitación cardiaca y pulmonar en estos pacientes son innegables, con una optimización del gasto cardiaco, del balance respiratorio muscular y de un mejor desempeño en las actividades básicas de la vida diaria y en la funcionalidad relacionada con los dispositivos de marcha y movilidad que utilizan; por lo tanto, prescribir estos programas y actividades, es fundamental el paciente con patología medular.

Conocer el contexto clínico, social y funcional del paciente es el mejor punto de partida para prescribir el ejercicio, no sólo con la

realización de actividad física, sino también con una adecuada valoración de su capacidad funcional mediante exámenes y test apropiados, así como la adaptación del currículo de ejercicio que se prescribe. Todo lo descrito en esta revisión tiene el objetivo de retornar al paciente con lesión medular varias de las capacidades funcionales que inicialmente se consideraban perdidas y que son más amplias que la consideración del retorno a la deambulacion individual, lo que hace que los programas de rehabilitación cardiaca, pulmonar y de ejercicio deban ser una indicación frecuente y obligada en los programas de rehabilitación y manejo del paciente con lesión medular y no considerarlos como un recurso alternativo dentro de la terapéutica inicial.

FINANCIACIÓN

Los autores del presente artículo declaran que no presentan financiación por parte de terceros o de manera institucional.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Los autores del presente artículo declaran que participaron conjuntamente en la revisión de literatura, organización de información, análisis de datos correspondientes y redacción del documento.

REFERENCIAS

1. Jacobs PL, Nash MS. Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. *Sports Med.* 2004;34(11):727-751. Disponible en: <https://doi.org/10.2165/00007256-200434110-00003>.
2. National Spinal Cord Injury Statistical Center [NSCISC]. Facts and Figures at a Glance - 2019 SCI Data Sheet. Birmingham, AL (EUA): University of Alabama at Birmingham; 2018. Disponible en: <https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts%20and%20Figures%202019%20-%20Final.pdf>.
3. Nash MS, Horton JA. Recreational and therapeutic exercise SCI. En: Kirshbaum S, Campagnolo DI, DeLisa JS, editors. *Spinal cord medicine*. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins; 2002. p. 331-337.
4. Haisma JA, Bussmann JB, Stam HJ, Sluis TA, Bergen MP, Dallmeijer AJ, et al. Changes in Physical Capacity During and After Inpatient Rehabilitation in Subjects With a Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(6): 741-748. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.02.032>.
5. Myers J, Lee M, Kiratli J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: An overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007; 86:142-152. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31802f0247>.
6. Hicks AL, Martin Ginis KA, Pelletier CA, Ditor DS, Foulon B, Wolfe DL. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*, 2011;49(11):1103-1127. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2011.62>.
7. Van der Scheer JW, Martin Ginis KA, Ditor DS, Goosey-Tolfrey VL, Hicks AL, West CR, et al. Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord injury: A systematic review. *Neurology.* 2017;89(7):736-745. Disponible en: <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004224>.
8. King ML, Lichtman SW, Pellicone JT, Close RJ, Lisanti P. Exertional hypotension in spinal cord injury. *Chest.* 1994;106(4):1166-1171. Disponible en: <http://doi.org/10.1378/chest.106.4.1166>.
9. Cooper IV G, Tomanek RJ. Load regulation of the structure, composition, and function of mammalian myocardium. *Circ Res.* 1982;50(6)8: 788-798. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/01.RES.50.6.788>.
10. Nash MS, Bilsker S, Marcillo AE, Isaac SM, Bothelo LA, Klose KJ, et al. Reversal of adaptive left ventricular atrophy following electrically-stimulated exercise training in human tetraplegics. *Spinal Cord.* 1991;29(9): 590-599. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.1991.87>.
11. Nash MS, Montalvo BM, Applegate B. Lower extremity blood and responses to occlusion ischemia differ in exercise trained and sedentary tetraplegic persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 1260-1265. Disponible en: [http://doi.org/10.1016/s0003-9993\(96\)90190-2](http://doi.org/10.1016/s0003-9993(96)90190-2).
12. Taylor PN, Ewins DJ, Fox B, Grundy D, Swain ID. Limb blood flow, cardiac output and quadriceps muscle bulk following spinal cord injury and the effect of training for the Odstock functional electrical stimulation standing system. *Spinal Cord.* 1993; 31: 303-310. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.1993.54>.
13. Hjeltne N, Vokac Z. Circulatory strain in everyday life of paraplegics. *Scand J Rehabil Med.* 1979;11(2): 67-73. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/462147/>. PMID: 462147.
14. Fu J, Wang H, Deng L, Li J. Exercise Training Promotes Functional Recovery after Spinal Cord Injury. *Neural Plast.* 2016;2016: 4039580. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2016/4039580>.
15. Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care.* 2006;51(8):853-868;discussion 869-870. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2495152/>. PMID: 16867197; PMCID: PMC2495152.

16. Schilero GJ, Bauman WA, Radulovic M. Traumatic Spinal Cord Injury: Pulmonary Physiologic Principles and Management. *Clin Chest Med.* 2018;39(2):411-425. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2018.02.002>.
17. Terson de Paleville DGL, McKay WB, Folz R J, Ovechkin AV. Respiratory motor control disrupted by spinal cord injury: mechanisms, evaluation, and restoration. *Trans Stroke Res.* 2011;2(4):463-473. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12975-011-0114-0>.
18. Scanlon PD, Loring SH, Pichurko BM, McCool FD, Slutsky AS, Sarkarati M, et al. Respiratory Mechanics in Acute Quadriplegia: Lung and Chest Wall Compliance and Dimensional Changes during Respiratory Maneuvers. *Am Rev Respir Dis.* 1989;139(3), 615-620. Disponible en: <https://doi.org/10.1164/ajrccm/139.3.615>.
19. Ditunno JF, Little, J. W., Tessler, A., & Burns, A. S. (2004). Spinal shock revisited: A four-phase model. *Spinal Cord.* 2004;42(7):383-395. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101603>.
20. Oo T, Watt J, Soni B, Sett P. Delayed diaphragm recovery in 12 patients after high cervical spinal cord injury. A retrospective review of the diaphragm status of 107 patients ventilated after acute spinal cord injury. *Spinal Cord.* 1999;37(2):117-122. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100775>.
21. Berlowitz DJ, Tamplin J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;23 July(7):CD008507. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008507.pub2>.
22. Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Kiekens C, Spengler CM, Gosselink R. Patients with acute spinal cord injury benefit from normocapnic hyperpnoea training. *J Rehabil Med.* 2008;40(2):119-125. Disponible en: <http://doi.org/10.2340/16501977-0140>.
23. Zakrasek, E. C., Nielson, J. L., Kosarchuk, J. J., Crew, J. D., Ferguson, A. R., & McKenna, S. L. (2017). Pulmonary outcomes following specialized respiratory management for acute cervical spinal cord injury: A retrospective analysis. *Spinal Cord.* 2017;55(6):559-565. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2017.10>.
24. Walker J, Cooney M, Norton S. Improved Pulmonary Function in Chronic Quadriplegics after Pulmonary Therapy and Arm Ergometry. *Spinal Cord.* 1989;27:278-283. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.1989.41>.
25. Silva AC, Neder JA, Chiurciu MV, Pasqualin DC, da Silva RC, Fernandez AC, et al. Effect of aerobic training on ventilatory muscle endurance of spinal cord injured men. *Spinal Cord.* 1998;36(4):240-245. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100575>.
26. Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care.* 2006; 51(8):853-868;discussion 869-870. Disponible en: <http://www.rcjournal.com/contents/08.06/08.06.0853.pdf>. PMID: 16867197; PMCID: PMC2495152.
27. Franklin BA. Exercise testing, training and arm ergometry. *Sports Med.* 1985; 2:100-119. Disponible en: <https://doi.org/10.2165/00007256-198502020-00003>.
28. Jacobs PL, Nash MS, Rusinowski JW. Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(5):711-717. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2001/05000/Circuit_training_provides_cardiorespiratory_and.5.aspx. PMID: 11323537.
29. Janssen TW, Dallmeijer AJ, Veeger DJ, van der Woude LH. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev.* 2002;39(1):29-39. Disponible en: <https://www.rehab.research.va.gov/jour/02/39/1/Janssen.htm>. PMID: 11930906.
30. Eerden S, Dekker R, Hettinga FJ. Maximal and submaximal aerobic tests for wheelchair-dependent persons with spinal cord injury: a systematic review to summarize and identify

- useful applications for clinical rehabilitation. *Disabil Rehabil.* 2018; 40(5):497-521. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1287623>.
31. Sawka MN, Glaser RM, Laubach LL, Al-Samkari O, Suryaprasad AG. Wheelchair exercise performance of the young, middle-aged, and elderly. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1981;50(4):824-828. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.50.4.824>.
 32. Haisma JA, van der Woude LH, Stam HJ, Bergen MP, Sluis TA, Bussmann JB. Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. *Spinal Cord.* 2006;44(11):642-652. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101915>.
 33. Simmons OL, Kressler J, Nash MS. Reference fitness values in the untrained spinal cord injury population. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(12):2272-2278. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.06.015>.
 34. Lundgaard E, Wouda MF, Strøm V. A comparative study of two protocols for treadmill walking exercise testing in ambulating subjects with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2017;55(10):935-939. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2017.34>.
 35. Kim CM, Eng JJ, Whittaker MW. Level walking and ambulatory capacity in persons with incomplete spinal cord injury: relationship with muscle strength. *Spinal Cord.* 2004;42:156-162. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsj.sc.3101569>.
 36. Leroux A, Fung J, Barbeau H. Adaptation of the walking pattern to uphill walking in normal and spinal-cord injured subjects. *Exp Brain Res.* 1999;126: 359. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s002210050743>.
 37. Scivoletto G, Tamburella F, Laurenza L, Foti C, Ditunno JF, Molinari M. Validity and reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients. *Spinal Cord.* 2011;49(6):736-740. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2010.180>.
 38. Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, Read MS, Boninger ML, Schmeler MR et al. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(5):487-499. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10790268.2008.11753644>.
 39. Alexander MS, Anderson KD, Biering-Sorensen F, Blight AR, Brannon R, Bryce TN et al. Outcome measures in spinal cord injury: recent assessments and recommendations for future directions. *Spinal Cord.* 2009;47(8): 582-591. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2009.18>.
 40. Graham JE, Ostir GV, Fisher SR, Ottenbacher KJ. Assessing walking speed in clinical research: a systematic review. *J Eval Clin Pract.* 2008;14(4): 552-562. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2007.00917.x>.
 41. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M, American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018 [citado 2020 enero 28].
 42. Yim SY, Cho KJ, Park CI, Yoon TS, Han DY, Kim SK, et al. Effect of wheelchair ergometer training on spinal cord-injured paraplegics. *Yonsei Med J.* 1993;34(3): 278-286. Disponible en: <https://doi.org/10.3349/ymj.1993.34.3.278>.
 43. Martin Ginis KA, van der Scheer JW, Latimer-Cheung AE, Barrow A, Bourne C, Carruthers P, et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal Cord.* 2018;56(4):308-321. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41393-017-0017-3>.
 44. Figoni SF. Spinal cord injury. En: Durstine JL, editor. *Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities.* Champaign (IL, EUA): Human Kinetics; 1997 [citado 2020 enero 26]. p. 175-179.

45. Ginis KA, Hicks AL, Latimer AE, Warburton DE, Bourne C, Ditor DS, et al. The development of evidence-informed physical activity guidelines for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2011;49(11):1088-1096. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2011.63>.
46. Pelletier CA, Totosy de Zepetnek JO, MacDonald MJ, Hicks AL. A 16-week randomized controlled trial evaluating the physical activity guidelines for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2015;53(5):363-367. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2014.167>.
47. Gellman H, Sie I, Waters RL. Late complications of the weight-bearing upper extremity in the paraplegic patient. *Clin Orthop Relat Res*. 1988 agosto;(233): 132-135. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/3402118>. PMID: 3402118.
48. Pentland WE, Twomey LT. Upper limb function in persons with long term paraplegia and implications for independence: part I. *Paraplegia*. 1994;32(4): 211-218. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.1994.40>.
49. Curtis KA, Tyner TM, Zachary L, Lentell G, Brink D, Didyk T, et al. Effect of a standard exercise protocol on shoulder pain in long-term wheelchair. *Spinal Cord*. 1999;37(6): 421-429. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100860>.
50. Bochkezanian V, Raymond J, de Oliveira CQ, Davis GM. Can combined aerobic and muscle strength training improve aerobic fitness, muscle strength, function and quality of life in people with spinal cord injury? A systematic review. *Spinal Cord*. 2015 Jun;53(6):418-31. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2015.48>.
51. Gettman LR, Ayres JJ, Pollock ML, Jackson A. The effect of circuit weight training on strength, cardiorespiratory function, and body composition of adult men. *Med Sci Sports*. 1978;10(3):171-176. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/723506/>. PMID: 723506.