

Guía para médicos de atención primaria sobre el manejo de la salud respiratoria en lesiones medulares subaguda y crónica

*Maria Regina L. Reyes, MD,¹ Mary Jo Elmo, APRN,²
Brandon Menachem, MD,³ and Sara Mercedes Granda, MSW, Esq⁴*

¹Department of Rehabilitation Medicine, University of Washington, Seattle, Washington;

²University Hospitals Cleveland Medical Center, Cleveland, Ohio;

³Department of Internal Medicine, Sidney Kimmel Medical College, Philadelphia, Pennsylvania;

⁴Sacramento, California

Este artículo ha sido traducido al español por:

Melina Longoni, MD¹ Camilo Castillo, MD² e Isaac Hernandez Jimenez, MD^{3,4}

En colaboración con el Comité de las Américas de la Asociación Americana de Lesión Medular.

¹ Dirección de Discapacidad de Ituzaingó, Buenos Aires

² Rehabilitation Center, Department of Neurosurgery, Division of Physical Medicine and Rehabilitation, University of Louisville School of Medicine, Louisville, Kentucky

³ University of Texas Health Science Center Houston, Houston, Texas

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, McGovern Medical School, Houston, Texas

⁴ The Institute of Rehabilitation & Research (TIRR) Memorial Hermann, Houston, Texas

Resumen: Las complicaciones respiratorias después de una lesión de la médula espinal (LME) han seguido siendo la principal causa de muerte a lo largo de la vida y son una de las razones más comunes para la hospitalización. Las complicaciones de la fisiología respiratoria alterada después de LME incluyen atelectasia, neumonía, enfermedad tromboembólica venosa y trastornos respiratorios del sueño. El riesgo de complicaciones es mayor con niveles de LME más altos y más severos, y la mortalidad por neumonía aumenta en comparación con la población general. La atención primaria óptima para las personas con LME incluye la vigilancia adecuada de la enfermedad respiratoria específica de LME, la atención preventiva clave, incluida la promoción de la inmunización contra la influenza y el entrenamiento muscular respiratorio, así como, la identificación y el tratamiento tempranos de la neumonía con la institución de estrategias agresivas de manejo de las secreciones. Se revisa la fisiología respiratoria y el manejo específico de las complicaciones respiratorias después de la LME. **Palabras clave:** ejercicios de respiración, neumonía, servicios de salud preventiva, atención primaria de la salud, atelectasia pulmonar, síndromes de apnea del sueño, lesiones de la médula espinal.

Lista de verificación de mantenimiento de salud

1. Asegúrese de que el paciente tenga las vacunas actualizadas contra la influenza; considere si es candidato para a la vacuna antineumocócica.
2. Realice vigilancia para detectar signos o síntomas de trastornos respiratorios del sueño.
3. Fomente el uso regular de ejercicios de entrenamiento muscular respiratorio, estrategias para mejorar los volúmenes respiratorios, la capacidad, la eficacia de la tos.
4. Considerar las pruebas de función pulmonar, especialmente la medición de dióxido de carbono al final de la espiración, capacidad vital, presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en pacientes con tetraplejía alta o compromiso pulmonar.

Consideraciones sobre el cuidado episódico

1. Asegúrese de que el paciente esté realizando una terapia efectiva de depuración de las vías respiratorias para aumento de secreciones (insuflación-exuflación mecánica, hiperinsuflaciones, terapia de percusión).
2. Para secreciones demasiado espesas para expectorar, considere expectorante, mucolítico, broncodilatadores, humedad / solución salina.
3. Para secreciones excesivamente ligeras, considere el agente mucoregulador (anticolinérgico)
4. Para el aumento de las secreciones con cambio de color, olor, fiebre, considere la radiografía de tórax, cultivo de esputo, antibióticos además del aclaramiento de las vías respiratorias
5. Con enfermedad respiratoria aguda en tetraplejía, Se puede necesitar ventilación mecánica temporal.

Reporte de caso

El Sr. A tiene 30 años y una tetraplejía nivel C4 grado A en la Escala de Lesión de la Asociación Americana de Lesiones medulares (AIS, por sus siglas en inglés) por un accidente automovilístico hace 6 meses. Inicialmente requirió traqueotomía y ventilación mecánica. Fue destetado y decanulado con éxito hace 3 meses. Su capacidad vital forzada es de 1 litro. Es asistido con ejercicios respiratorios y mecánicos de insuflación-exuflación o tos asistida manual para optimizar la salud respiratoria y el manejo de las secreciones. Utiliza CPAP en su casa para los trastornos respiratorios del sueño. Este invierno, fue ingresado al hospital con influenza y requirió un corto período de reintubación, oxígeno y un curso de terapia antiviral. Durante su hospitalización, recibió nebulizaciones programadas, mucolíticos, terapia de percusión e insuflación-exuflación mecánica cada 4 horas y por razón necesaria, para controlar sus secreciones. Gradualmente mejoró durante las siguientes 2 semanas y fue dado de alta con éxito.

Introducción

La lesión de la médula espinal (LME) altera la fisiología respiratoria, lo que aumenta el riesgo de complicaciones múltiples como atelectasia, bronquitis, neumonía y trastornos respiratorios del sueño. Las enfermedades respiratorias, incluida la neumonía, siguen siendo la principal causa de muerte después de una LME, causando o contribuyendo a ~ 24% de las muertes en veteranos con LME.¹ Sigue siendo una de las principales razones de rehospitalización en el primer año después de la LME, prolonga la hospitalización e impacta negativamente en la calidad de vida.²⁻⁵ La neumonía en personas con LME conlleva una mayor morbilidad y mortalidad en comparación con la población sin LME. La alta incidencia de complicaciones respiratorias después de LME y su mortalidad asociada subrayan la importancia de la prevención, el diagnóstico oportuno y el tratamiento adecuado. Los médicos de atención primaria junto con los pacientes con LME, un fisiatra y un neumólogo experto son miembros clave para optimizar la salud respiratoria después de la LME.

Breve reseña de fisiología respiratoria

El diafragma es el músculo primario de inspiración, y contribuye con el 70% del volumen corriente inhalado (VCI). En inspiración silenciosa, el diafragma desciende

en contracción mientras que los músculos intercostales externos trabajan sinérgicamente para expandir la caja torácica.⁶ Durante la respiración dificultosa, los músculos inspiratorios accesorios (los esternocleidomastoideos y el trapecio superior, inervados por el nervio craneal XI; los escalenos, inervados por C2-C7) se reclutan para elevar las costillas superiores y el esternón.⁷

Si bien la espiración silenciosa es pasiva, la espiración forzada y la tos requieren el reclutamiento del recto abdominal inervado torácicamente, los intercostales internos y los oblicuos externos e internos.

Fisiología respiratoria en la LME

Los niveles más altos y la integridad de la lesión se correlacionan con el grado de disfunción ventilatoria y el riesgo de complicaciones.⁸ La restricción ventilatoria después de LME se caracteriza por una disminución de la capacidad vital forzada (CVF),¹ volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), capacidad inspiratoria y capacidad pulmonar total (CPT) pero aumento del volumen residual.^{8,10} El grado de afectación diafragmática determina la capacidad de destetar del soporte ventilatorio, pero esto varía incluso con cada nivel de LME. El nivel de lesión también puede evolucionar con el tiempo. En general, se requiere asistencia de ventilador permanente para LME completa en C1 y C2 debido a la parálisis diafragmática.⁸ La ventilación temporal inicial con destete posterior puede lograrse de forma variable con LME completa en C3. En ausencia de otros factores que impidan el destete ventilatorio, las lesiones completas en C4 y por debajo y las LME incompletas de nivel superior generalmente se asocian con un destete exitoso.⁹ Los cambios neuromusculares debidos a LME conducen a una pobre estabilización de la pared abdominal, un movimiento paradójico del tórax con inspiración y una capacidad deteriorada para reclutar la musculatura accesoria en la tetraplejía alta. También se produce obstrucción reversible debido a la hiperreactividad bronquial¹⁰ y la hipersecreción de moco bronquial mediada parasimpáticamente.¹¹ Si está presente, un tubo de traqueostomía contribuye aún más a la formación de secreciones. La combinación de ventilación restrictiva, tos débil, broncoconstricción e hipersecreción son factores de riesgo para atelectasia, eliminación de secreción deficiente e infecciones pulmonares.

Manejo de traqueostomía y respiración

Entrenamiento muscular respiratorio

El entrenamiento muscular respiratorio (EMR) comparte los mismos principios que el entrenamiento muscular periférico, con el objetivo de aumentar la fuerza y la resistencia. Una sesión de entrenamiento consiste en respirar un número determinado de veces o una duración de tiempo específica. El EMR puede ser inspiratorio, espiratorio (en LME torácica baja e inferior), o ambos. Los dispositivos portátiles se utilizan para varios regímenes de entrenamiento posibles (resistiva, umbral e hiperpnea normocapnica) solos o en combinación. No hay datos que establezcan qué EMR es óptimo en LME. Los estudios de EMR en tetraplejía demostraron que se usa de forma segura en la LME aguda y aumenta la CV, la fuerza (presiones inspiratorias y espiratorias máximas) y la resistencia durante el período de entrenamiento.¹²⁻¹⁴ Aunque se necesita más investigación, la EMR es actualmente un método ampliamente utilizado, es una modalidad de entrenamiento segura y relativamente económica. Quizás si se abordara el EMR de manera similar al entrenamiento de las extremidades, con un programa de mantenimiento continuo, la disminución de la presión inspiratoria máxima / presión espiratoria máxima (PIM / PEM) podría obviarse. Las precauciones incluyen evitar el uso en situaciones de asma inestable, neumotórax u otro barotrauma.

Respiración glossofaríngea

La respiración glossofaríngea (RGF) es una técnica establecida desde hace mucho, en donde se contiene la respiración para mejorar la tos y mantener la ventilación. Los fonoaudiólogos/ logopedas, participan principalmente en la entrenamiento. El paciente inspira aire a la CPT y luego usa los músculos de la boca y la garganta para tragar repetidamente o inyectar aire en los pulmones tantas veces como sea posible, excediendo así la CPT. Esto es seguido por la exhalación pasiva. La RGF mejora la CV y el flujo máximo de tos (FMT),^{15,16} con posible mejora en la distensibilidad pulmonar y la calidad vocal. El ejercicio se puede hacer de forma independiente, no requiere equipo y no tiene contraindicaciones. La práctica de RGF no solo debe ser alentada sino también implementada activamente y apoyada por el equipo de rehabilitación. Tenga en cuenta que el aprendizaje y el uso de RGF pueden ser menos eficientes en presencia de una traqueostomía,

particularmente con balón inflado, debido a la obstrucción del flujo de aire.

Faja abdominal

La LME tetrapléjica o parapléjica alta reduce la CV en posición vertical debido al aplanamiento y acortamiento del diafragma después de la pérdida del soporte muscular abdominal. Las fajas abdominales elásticas aumentan el soporte de la presión abdominal colocando el diafragma en un punto más alto y óptimo en su curva de tensión de longitud, mejorando el CV y disminuyendo la capacidad residual funcional.¹⁷ Realice una introducción cuidadosa y una posición adecuada para evitar un impacto negativo en la respiración y la alimentación, controlando el aumento de disnea, fatiga, atelectasia e hipoxemia.

Manejo de secreciones

La movilización de secreciones son la piedra angular de la prevención y el tratamiento de las atelectasias y las infecciones respiratorias. Aunque la aspiración traqueal y la broncoscopia a veces pueden ser necesarias, las estrategias a continuación son a menudo preferidas y efectivas, ya sea solas o combinadas.

Insuflación-exuflación mecánica

La insuflación-exuflación mecánica (IEM) es una terapia comúnmente utilizada y altamente efectiva para la LME aguda y crónica para promover el aclaramiento de la secreción y aumentar la CV. El dispositivo simula la tos al suministrar aire inspiratorio positivo de alto flujo a través de una máscara facial, boquilla o traqueostomía, seguido de presión espiratoria negativa. Generalmente se requiere asistencia para el uso del dispositivo. Es preferido por pacientes y cuidadores y puede ser utilizado por personas ventiladas y no ventiladas. IEM puede ayudar en la eliminación de microatelectasias, previene la re-intubación,¹⁸ y mejora la distensibilidad pulmonar. Evite el uso con neumotórax / neumomediastino y enfisema ampolloso.

Tos asistida manualmente

La tos asistida manualmente (TAM o tos del cuadrupléjico) requiere asistencia, pero puede aumentar el FMT sin necesidad de equipo. El paciente inhala al máximo y luego tose. El cuidador aumenta la presión abdominal empujando hacia arriba, debajo del diafragma, en el momento en que el paciente tose. Evaluar la tolerabilidad y observar náuseas y vómitos.

Evite su uso, si es posible, en la presencia de un filtro VCI o trauma reciente de tórax /abdomen.

Terapia de percusión

La terapia de percusión de la pared torácica utiliza la vibración administrada a través de un dispositivo portátil, la terapia torácica manual o un chaleco percutor para aflojar las secreciones para la expectoración. El drenaje postural, con o sin terapia de percusión, a menudo genera movilización de secreciones. Considere dispositivos de mano de presión positiva espiratoria continua u oscilante.

Hidratación

Asegure suficiente hidratación para mantener las secreciones fluidas. Esto puede incluir el uso de adaptadores de intercambiador de calor y humedad (HME por sus siglas en inglés) para traqueotomías o el uso de aire nebulizado. El uso de solución salina con IEM a menudo es útil.

Terapias farmacológicas

El manejo farmacológico de la secreción consiste en el uso de agentes mucoactivos diseñados para disminuir la hipersecreción mucosa o aumentar la capacidad de expectorar el moco.¹⁹ Considere broncodilatadores para mejorar el VEF1, especialmente con una insuficiencia respiratoria obstructiva.^{10,17} La selección de medicamentos debe basarse en la presentación clínica específica.

Traqueostomía y Ventilador

Manejo de la ventilación mecánica

Las guías convencionales de práctica clínica de LME respaldan el uso de ventilación de VC alto de hasta 15 a 25 ml / kg de peso corporal ideal (PCI) manteniendo las presiones máximas por debajo de 40 cm H₂O para disminuir el tiempo requerido para la liberación del ventilador y la frecuencia de atelectasia.^{20,21} La práctica actual de la unidad de cuidados intensivos de utilizar baja ventilación de VC para mejorar los resultados de la lesión pulmonar aguda (LPA) puede conducir a atelectasia, taponamiento mucoso y disminución de la producción de surfactante. Debido a que los pacientes con LME tienen propensión por las atelectasias y retención de secreciones, es posible que esta población no se beneficie de una configuración de VC más baja más allá del período de alto riesgo de LPA. El método más exitoso de destete con ventilador para pacientes

con LME es la respiración progresiva sin respirador, lo que permite que el acondicionamiento sistemático de los músculos respiratorios extienda los períodos sin respirador.²⁰ La prevención de atelectasias e infecciones respiratorias es crítica durante el destete

Manejo de traqueostomía crónica

Algo más de la mitad de la población con tetraplejía con niveles altos requerirá ventilación mecánica (VM) a largo plazo. Con la traqueostomía crónica para VM, es importante trabajar hacia el uso de la traqueotomía sin manguito o desinflado para mejorar la función del habla y la deglución. Los pacientes pueden ser ventilados de manera adecuada y segura con tubos de traqueostomía sin manguito y tener menos complicaciones.^{22,23} Ajuste la configuración del ventilador cuando use una traqueotomía sin manguito para compensar las fugas de aire y optimizar el habla.

Ventilación alternativa

La estimulación del diafragma o los estimuladores del nervio frénico utilizan presión negativa en lugar de positiva para reemplazar o disminuir la ventilación mecánica. Se requiere la función intacta del nervio frénico. Esta alternativa ofrece una respiración de presión negativa más natural, mejor sentido del olfato, disminución de las secreciones / succión y mayor sensación de libertad e independencia.²⁴

Enfermedad tromboembólica venosa

El riesgo de enfermedad tromboembólica venosa (ETV) en la LME crónica es considerablemente menor que en el período agudo. Pero la ETV previa, la enfermedad médica, la cirugía, la inmovilización prolongada por enfermedad y las fracturas aumentan este riesgo. Se recomienda la reanudación de la profilaxis cuando no esté contraindicado.²⁵

Neumonía

La neumonía adquirida en la comunidad, la neumonía asociada al hospital/ventilador y la neumonía por aspiración presentan un gran riesgo para las personas con LME (**Tabla 1**). La neumonía ocurre en la mitad de los pacientes con LME aguda y es la causa más común de mortalidad en LME aguda y crónica.^{8,26-28} La tasa de mortalidad por neumonía entre las personas con tetraplejía completa es significativamente mayor que en la población sin LME.^{29, 30} Las personas con tetraplejía están particularmente en riesgo. La percepción alterada

de la fatiga y la disnea puede conducir a un curso clínico menos predecible que en personas sin LME. El riesgo de disfagia y la consiguiente neumonía por aspiración es elevado en pacientes con LME cervical.³¹ La disfagia de fase faríngea es más común. La presencia de una traqueostomía triplica el riesgo de disfagia.

Dada la mayor morbilidad y mortalidad por neumonía, las recomendaciones de atención específicas para LME incluyen prevención mediante la vacunación adecuada contra la influenza y el neumococo, ejercicios respiratorios regulares para prevenir el taponamiento mucoso y prevención de aspiración. La identificación temprana y el tratamiento de la neumonía, el uso intensivo de estrategias de manejo de la secreción, el monitoreo clínico cercano y la movilización temprana son críticos. La VM temporal puede ser requerida por personas con lesiones cervicales. Se recomienda el manejo conjunto con un neumólogo especializado en atención neuromuscular

Trastornos respiratorios del sueño

La prevalencia total de los trastornos respiratorios del sueño (TRS) en las personas con LME tiene un pico del 74% al 83% en las primeras 6 a 20 semanas posteriores a la LME y mejora a 40% al 60% en la LME crónica. Esta tasa es mucho más alta que en la población general (9% -24%).³²⁻³⁶ TRS es más común en tetraplejía versus paraplejía^{33,34,37} y en LME completa versus incompleta.³⁶ La apnea obstructiva del sueño (AOS) es mucho más común que la apnea central o mixta del sueño,^{34,38} pero la apnea central del sueño ocurre con mayor frecuencia en la tetraplejía.³³

Los factores asociados con el TRS en la población general, como el índice de masa corporal (IMC) más alto, la circunferencia del cuello y la edad avanzada, se reportaron de manera similar después de la LME, con una asociación variable con el uso de medicamentos sedantes.^{32,39} Los requisitos de presión de CPAP más bajos en sujetos con LME sugieren factores más allá del colapso de la vía aérea superior.³⁴

El diagnóstico de TRS en el contexto de LME presenta desafíos únicos. Los pacientes con tetraplejía y AOS han reportado cambios neurocognitivos y ronquidos.^{32,40} Sin embargo, pocos informan somnolencia diurna, lo que confunde la detección clínica por evaluación de síntomas.⁴¹ La mayor prevalencia de AOS asintomática

en LME ha llevado a algunos autores a recomendar la realización de un estudio formal inicial del sueño.^{33,35} La prueba de apnea del sueño en el hogar con capnografía transcutánea está surgiendo como una opción potencial, pero este estudio tiene limitaciones, ya que no existe un estudio comparativo con la polisomnografía formal.³⁹

El CPAP es el tratamiento primario. Las personas con tetraplejía y apnea del sueño requieren asistencia para ponerse, quitarse y ajustar la interfaz. La falta de adherencia es común y se ha atribuido a la incapacidad para conciliar el sueño, la incomodidad de la máscara y la claustrofobia.⁴²

Los médicos de atención médica deben mantener un alto índice de sospecha de TRS después de una LME, particularmente en la tetraplejía completa. Si es posible, la polisomnografía ayudará a detectar la presencia de apnea del sueño.

Salud respiratoria y envejecimiento con LME

La función pulmonar, incluido el VEF1, disminuye naturalmente con la edad aproximadamente a la misma tasa en las poblaciones generales y de LME. La disminución en CVF y VEF1 con el envejecimiento y la LME se asocia a sibilancias persistentes y se acelera por un aumento en el IMC en personas con sobrepeso u obesidad y por fumar de manera persistente. No se predice por nivel o gravedad de la lesión.^{8,43}

Promoción de la salud respiratoria

Algunas medidas preventivas de salud específicas, como la inmunización, el asesoramiento y los recursos para dejar de fumar y controlar el peso, son similares a la población general. A partir de 2015, la población de alto riesgo para la vacunación contra la influenza incluye personas con LME, y se debe alentar la vacunación anual.⁴⁴ Hasta donde sabemos, no existen guías sobre la vacunación neumocócica en el contexto de la LME. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades recomiendan PCV13 para todos los adultos mayores de 65 años, con la administración de PPSV23 al menos 1 año después. A los grupos de alto riesgo también se les ofrece PPSV23 una vez antes de los 65 años, mientras que algunos expertos recomiendan la vacunación tanto con la PCV13 y la PPSV23 antes de los 65.⁴⁵ Si bien la LME aún no se incluye formalmente en el grupo de alto riesgo, algunos sistemas de atención los incluyen en la práctica, dado el riesgo notablemente

mayor de morbilidad y mortalidad relacionadas con la neumonía. Se necesita atención adicional para identificar y tratar los TRS comórbidos.

Resolución del caso

El Sr. A visitó a su médico de atención primaria para una visita de seguimiento 2 semanas después del alta. Estaba cerca de su estado respiratorio habitual y todavía necesitaba un IEM programado. Estaba afebril y sin O₂ ni mucolíticos. Su médico de atención primaria revisó el régimen de atención respiratoria del Sr. A y alentó el uso continuo de IME o TAM, y CPAP para su TRS. Se revisaron estrategias preventivas, incluidos ejercicios regulares de EMR y RGF, inmunizaciones, control de peso y abstinencia de tabaco.

Conclusiones

Aunque el riesgo de muerte dentro del primer año después de la LME ha disminuido, las complicaciones respiratorias a largo plazo siguen siendo la principal causa de mortalidad y una de las principales causas de la alta tasa de rehospitalización después de la LME. Un nivel y una gravedad más altos de LME se correlacionan con el grado de disfunción ventilatoria, el perfil de complicaciones y el riesgo.

La mayor morbilidad y mortalidad por neumonía respalda la vacunación regular contra la influenza para todos los pacientes con LME, junto con ejercicios respiratorios para mejorar la fuerza inspiratoria y espiratoria para un manejo eficaz de la secreción. La identificación temprana y el tratamiento agresivo de la neumonía, con el manejo de la secreción como piedra angular, y el monitoreo de TRS y el deterioro respiratorio con la edad son esenciales para el cuidado de las LME.

Los médicos de atención primaria, en colaboración con los pacientes y los terapeutas de rehabilitación y pulmonares, desempeñan un papel clave en la prevención, la vigilancia dirigida, la educación y el tratamiento especializado de las enfermedades respiratorias durante la vida de una persona con LME. Se necesita más investigación longitudinal y de alta calidad para definir los beneficios funcionales de muchas de

las intervenciones respiratorias utilizadas en las LME y para mejorar la comprensión del impacto combinado del envejecimiento y las LME.

Estos datos mejorarán las prácticas de prevención y tratamiento para las complicaciones respiratorias de la LME e informarán el desarrollo de recomendaciones para monitorear y optimizar la función pulmonar para una vida saludable después de una LME.

Reconocimientos.

Los autores reportan no tener conflictos de interés

Tabla 1. Neumonía en la lesión medular^{27,28}

Adquirida en la comunidad

- Streptococcus pneumoniae
- Haemophilus influenzae
- Pseudomonas (segunda más común en Veteranos)
- Branhamella catarrhalis

Asociada a ventilador

- Pseudomonas aeruginosa
- Staphylococo aureus meticilino resistente (MRSA, por sus siglas en ingles)
- Acinetobacter baumannii
- Escherichia coli
- Klebsiella
- Polymicrobianas en un cuarto de los pacientes

Descargo de responsabilidad

Este artículo fue escrito antes de la pandemia COVID-19 de 2019-2020. Los autores y editores reconocen que el coronavirus es, y seguirá siendo, un riesgo significativo para la salud de las personas con T/LME. Como tal, la información sobre prevención y tratamiento de la infección por coronavirus para personas con T/LME es esencial. Sin embargo, al momento de completar este artículo, el conocimiento sobre COVID-19 y su manejo estaba evolucionando, y no se disponía de información clínica específica o basada en evidencia de COVID-19.

Bibliografía

1. Garshick E, Kelley A, Cohen SA, et al. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005;43(7):408-416.
2. National Spinal Cord Injury Statistical Center. Annual Statistical Report for the Spinal Cord Injury Model Systems. Public Version. Birmingham, AL: University of Alabama at Birmingham; 2018.
3. Cardenas DD, Hoffman JM, Kirshblum S, McKinley W. Etiology and incidence of rehospitalization after traumatic spinal cord injury: A multicenter analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:1757-1763.
4. Skelton F, Hoffman JM, Reyes M, Burns SP. Examining health-care utilization in the first year following spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2015;38(6):690-695.
5. Winslow C, Bode RK, Felton D, Chen D, Meyer PR. Impact of respiratory complications on length of stay and hospital costs in acute cervical spinal cord injury. *Chest*. 2002;121:1548-1554.
6. Benditt JO, McCool FD. The respiratory system and neuromuscular diseases. In: Murray & Nadels Textbook of Respiratory Medicine. Vol 2. 6th ed. Elsevier Saunders; 2016: 1691-1707.
7. Terson de Paleville DG, McKay WB, Folz RJ, Ovechkin AV. Respiratory motor control disrupted by spinal cord injury: Mechanisms, evaluation, and restoration. *Transl Stroke Res*. 2011;2(4):463-473.
8. Schilero GJ, Bauman WA, Radulovic M. Traumatic spinal cord injury pulmonary physiologic principles and management. *Clin Chest Med*. 2018;39(2):411-425.
9. Chiodo AE, Scelza W, Forchheimer M. Predictors of ventilatory weaning in individuals with high cervical spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2008;31:72-77.
10. Spungen AM, Dicipinigitis PV, Bauman WA. Pulmonary obstruction in individuals with cervical spinal cord lesions unmasked by bronchodilator administration. *Paraplegia*. 1993;31:404-407.
11. Bhaskar KR, Brown R, O'Sullivan DD, Melia S, Duggan M, Reid L. Bronchial mucus hypersecretion in acute quadriplegia. *Amer Rev Respir Dis*. 1991;43:640-648.
12. Berlowitz DJ, Tamplin J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury (review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(7):CD008507. doi: 10.1002/146518585.pub2.
13. Roth E, Stenson W, Powley S, et al. Expiratory muscle training in spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 Jun;91(6):857-61.
14. Postma K, Haisma JA, Hopman MT, Bergen MT, Stam HJ, Bussman JB. Resistive inspiratory muscle training in people with spinal cord injury during inpatient rehabilitation: a randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2014;94(12):1709-1719.
15. Nygren Bonnier M, Werner J, Bigguet G, Johansson S. Instead of popping pills, perhaps you should add frog breathing: Experiences of glossopharyngeal insufflation/breathing for people with cervical spinal cord injury. *Disabil Rehabil*. 2018;40(14):1639-1545.
16. Nygren Bonnier M, Schiffer TA, Lindholm P. Acute effects of glossopharyngeal insufflation in people with cervical spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2018;41(1):85-90.
17. Sheel AW, Reid WD, Townson AF. Respiratory management following spinal cord injury. In: Eng JJ, Teasell RW, Miller WC, et al, eds. *Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence*. Version 6.0. Vancouver: 2018:1-72.
18. Goncalves MR, Honrado T, Winck JC, Paiva JA. Effects of mechanical insufflation-exsufflation in preventing respiratory failure after extubation: A randomized controlled trial. *Crit Care*. 2012;16(2):R48. doi: 10.1186/cc11249.
19. Rubin BK. The pharmacologic approach to airway clearance: Mucoactive agents. *Paediatr Respir Rev*. 2006;7(suppl 1): S215-9.
20. Consortium for Spinal Cord Medicine Clinical Practice Guidelines. Respiratory management following spinal cord injury: A clinical practice guideline for health care professionals. January 2005. [https:// pva.org/research-resources/publications/clinicalpractice-guidelines/](https://pva.org/research-resources/publications/clinicalpractice-guidelines/)
21. Fenton JJ, Warner ML, Lammertse D, et al. A comparison of high vs standard tidal volumes in ventilator weaning for individuals with sub-acute spinal cord injuries: A site specific randomized clinical trial. *Spinal Cord*. 2016;54(3):234-238.
22. Bach JR, Alba AS. Tracheostomy ventilation. A study of efficacy with deflated cuffs and cuffless tubes. *Chest*. 1990;97(3):679-683.
23. Marchese S, Lo Coco D, Lo Coco A. Outcome and attitude toward home tracheostomy ventilation of consecutive patients: A 10-year experience. *Respir Med*. 2008;102(3):430-436.
24. DiMarco AF. Diaphragm pacing. *Clin Chest Med*. 2018;39:459-471.
25. Consortium for Spinal Cord Medicine. Prevention of venous thromboembolism in individuals with spinal cord injury: Clinical Practice Guidelines for Health Care Providers, 3rd ed. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2016;22(3):209-240. Also available at: www.pva.org/
26. Fishburn M, Marino R, Ditunno JJ. Atelectasis and pneumonia in acute spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71(3):197-200.
27. Burns SP. Acute respiratory infections in persons with spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2007;18:203-216.
28. Chang HT, Evans CT, Weaver FM, Burns SP, Parada JP. Etiology and outcomes of veterans with spinal cord injury and disorders hospitalized with community-acquired pneumonia. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:262-267.
29. Weaver FM, Smith B, Evans CT, et al. Outcomes of outpatient visits for acute respiratory illness in veterans with spinal cord injuries and disorders. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006; 85(9):718-726.
30. DeVivo M, Krause J, Lammertse D. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(11):1411-1419.

31. Iruthayarajah J, McIntyre A, Mirkowski M, WelchWest P, Loh E, Teasell R. Risk factors for dysphagia after a spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord*. 2018;56:1116-1123.
32. Biering-Sorensen F, Jennum P, Laub M. Sleep disordered breathing following spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009;169:165-170.
33. Chiodo AE, Sitrin RG, Bauman KA. Sleep disordered breathing in spinal cord injury: A systematic review. *J Spinal Cord Med*. 2016;39(4):374-382.
34. Proserpio P, Lanza A, Sambusida K, et al. Sleep apnea and periodic leg movements in the first year after spinal cord injury. *Sleep Med*. 2015;16:59-66.
35. Berlowitz DJ, Brown DJ, Campbell DA, Pierce RJ. A longitudinal evaluation of sleep and breathing in the first year after cervical spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:1193-1199.
36. Burns SP, Little JW, Hussey JD, Lyman P, Lakshminarayanan S. Sleep apnea syndrome in chronic spinal cord injury: Associated factors and treatment. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81:1334-1339.
37. Burns SP, Kapur V, Yin KS, Buhner R. Factors associated with sleep apnea in men with spinal cord injury: A population-based case-control study. *Spinal Cord*. 2001;39:15-22.
38. McEvoy RD, Mykityn I, Sajkov D, et al. Sleep apnoea in patients with quadriplegia. *Thorax*. 1995;50:613-619.
39. Bauman KA, Kurili A, Schotland HM, Rodriguez GM, Chiodo AE, Sitrin RG. Simplified approach to diagnosing sleep-disordered breathing and nocturnal hypercapnia in individuals with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97:363-371.
40. Sajkov D, Marshall R, Walker P, et al. Sleep apnoea related hypoxia is associated with cognitive disturbances in patients with tetraplegia. *Spinal Cord*. 1998;36:231-239.
41. Tran K, Hukins C, Geraghty T, Eckert B, Graser L. Sleep-disordered breathing in spinal cord-injured patients: A short-term longitudinal study. *Respirology*. 2010;15:272-276.
42. Burns SP, Yavari Rad M, Bryant S, Kapur V. Long-term treatment of sleep apnea in persons with spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005;84(8):620-626.
43. Stolzmann KL, Gagnon DR, Brown R, Tun CG, Garshick E. Longitudinal change in FEV1 and FVC in chronic spinal cord injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;177:781-786.
44. Goldstein B, Weaver FM, Hammond MC. New CDC recommendations: Annual influenza vaccination recommended for individuals with spinal cord injuries. *J Spinal Cord Med*. 2005;28(5):383-384.
45. Stillman M, Graves D, Williams S. Primary care for persons with spinal cord disorders. In: *Spinal Cord Medicine* (3rd ed., Vol. 1). New York: Springer Publishing Company; 2019:9870997.