



**TESINA**

**presentada para acceder al título de grado de la carrera de  
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

**Título:**

Efectos de la actividad física en la función pulmonar de pacientes con Lesión Medular.

**Autora:**

Tarrio Gennero, Sol IUGR-6761

**Directora:**

Lic. Vila, María Eugenia

**Codirector:**

Lic. Carlomagno, Franco

**Rosario**

**Fecha de Presentación: 26 de Agosto**

**Firma de Autor:**

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script that is difficult to decipher. It appears to be the signature of the author, Tarrio Gennero.

## ÍNDICE

### RESUMEN

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	4
II.a General	4
II.b Específicos	4
<b>III. MARCO TEÓRICO</b>	5
III.a. Definición de Lesión Medular:	5
III.b.Diagnóstico. Evaluación, ASIA	5
III.c Diferencia de los niveles	6
III. d. Epidemiología	10
III. e. Alteraciones	10
III.f. Complicaciones	11
III.g. Lesión Medular y la actividad física.	13
III. h. Variables que representan la función pulmonar	14
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b>	17
<b>V. MÉTODOS</b>	17
<b>VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	21
<b>VII. DISCUSIÓN</b>	45
<b>VIII. CONCLUSIÓN.</b>	49
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	51

## RESUMEN

**Introducción:** La Lesión Medular (LM) es cualquier alteración sobre la médula espinal que se ve clínicamente representada por afectar la función motora, sensitiva y/o del sistema autónomo. Debido a las alteraciones que produce se verá afectado el funcionamiento normal de distintos sistemas, órganos y funciones llevando a múltiples complicaciones como urinarias, gastrointestinales, cardiorrespiratorias, ortopédicas, úlceras por presión y dolor; dentro de las cuales las respiratorias son la causa principal de muerte de estos pacientes. El fortalecimiento de la musculatura indemne podría llegar a suplir la falta de actividad por debajo del nivel de sección, mejorando así la función respiratoria, la capacidad pulmonar y consiguiendo disminuir el número de complicaciones respiratorias en este grupo de pacientes.

**Objetivo:** El objetivo general de este estudio es analizar, en la literatura disponible, las modificaciones que genera la actividad física en la función pulmonar en pacientes con LM dentro de los niveles C4 a T12.

**Métodos:** Estudio de revisión de la literatura científica, se analizaron 9 artículos cuya población de estudio eran pacientes con LM que realizaron actividad física y se evaluó cómo ésta modifica la función pulmonar. El periodo de publicación que se utilizó fue de 2011 a 2022. Las bases de datos donde se realizó la búsqueda fueron Pubmed, Biblioteca virtual de salud, Biblioteca Virtual de la Universidad del Gran Rosario y Biblioteca Electrónica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

**Conclusión:** Debido a la heterogeneidad de intervenciones encontradas, la variabilidad en la duración del tratamiento, tanto total como de cada sesión, la falta de especificación de nivel de lesión y el reducido tamaño muestra se dificulta poder exponer la superioridad de una terapia sobre la otra. Sin embargo se puede decir que en todos los grupos de intervención, en mayor o menor medida, se encontró una mejora en la función pulmonar. La evidencia científica muestra que la realización de actividad física sola o sumada al entrenamiento de los músculos respiratorios genera un aumento favorable en la función pulmonar de los pacientes con LM, evidenciándose con la modificación de Pimax, Pemax, CVF y VEF1. Por lo que se recomienda realizar actividad física con las personas con LM; la elección de la misma va a depender del paciente y de las posibilidades de intervención según cada lugar.

## I. INTRODUCCIÓN

La Lesión Medular (LM) es cualquier alteración sobre la médula espinal que se ve clínicamente representada por afectar la función motora, sensitiva y/o del sistema autónomo.<sup>1-4</sup>

El estándar internacional para la clasificación neurológica de la LM valora con la escala American Spinal Injury Association (ASIA), en la que se determina el nivel de lesión (última metámera indemne), la extensión y la fase evolutiva. La valoración neurológica evalúa la función motora (músculos claves), la función sensitiva; superficial y profunda (puntos clave sensitivos) y la función esfinteriana.<sup>1,3,4</sup> Los posibles resultados son:

- A completa: Función motora y sensitiva no conservada en los segmentos sacros S4 – S5.
- B incompleta sensitiva: Función sensorial pero no motora conservada por debajo del nivel neurológico e incluye a los segmentos sacros S4 – S5.
- C incompleta: Función motora conservada por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular menor de 3.
- D incompleta motora: Función motora conservada por debajo del nivel neurológico, y al menos la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular  $\geq$  a 3.
- E normal: Función sensitiva y motora son normales.<sup>5</sup>

Además de la clasificación según la escala ASIA, existen otras formas de clasificar la LM, a continuación se detallarán las que hacen referencia según la extensión y según su origen.

Según extensión:

- Lesión completa: no existe inervación de la función motora, sensitiva y autónoma por debajo del nivel de lesión
- Lesión incompleta: existe persistencia de la función y sensación voluntaria del esfínter anal, además de la sensación perineal, con inervación total o parcial la función motriz, sensitiva y autónoma.<sup>3</sup>

Según origen:

- Traumático / no traumático.
- Congénito: mielomeningocele
- Adquirido por procesos: infecciosos, neoplásicos, vasculares, autoinmunes, inflamatorios, desmielinizantes, idiopáticos o iatrogenia.<sup>1,3</sup>

Con respecto a la epidemiología, aún en la actualidad no hay estimaciones confiables de su incidencia mundial, sobre todo en América Latina, resulta difícil tener cifras globales reales, esto se debe a la escasez de estudios epidemiológicos y a la variabilidad de los registros. Según la OMS, aproximadamente el número oscila entre 40/80 casos por millón de habitantes, por lo que 250.000 a 500.000 personas sufren cada año en todo el mundo lesiones medulares, con una relación hombre/mujer de 2:1.<sup>6</sup>

Los últimos datos registrados sobre la epidemiología de las personas con discapacidad en Argentina son del 2011, representan un 12,3% de la población (267.600); dentro de las causas se encuentran a los accidentes (laborales, del tránsito, domésticos y deportivos), aunque solo 2,9%, mencionan que su discapacidad está relacionada con los traumatismos causados por el tránsito, siendo los hombres los principales con discapacidad generada por accidentes. Las discapacidades motoras tienen el mayor porcentaje (66,1%), la tasa de la población es adulta entre 30/49 años.<sup>7</sup>

Dentro del 2,9% de las discapacidades causadas por accidentes de tránsito, la LM se encuentra en el 66,1% de las discapacidades motoras, siendo su tipo de lesión más frecuente de origen traumático, en adultos varones jóvenes menores de 40 años y en cuanto a los niveles, los más comunes son, en tetraplejia C4, C5 y C6; en paraplejía predomina la charnela dorso lumbar (T12-L1).<sup>3,4,8</sup>

Como factores de riesgo se pueden enunciar, cuestiones relacionadas con las condiciones de vida, el tipo actividad laboral (categoría, sector, relación riesgo-seguridad), zona en la que vive o trabaja (accidentes de tránsito en el circuito urbano) y cuestiones relacionadas con variables socioeducativas.<sup>7</sup>

El nivel socioeconómico, tanto como el apoyo familiar de la persona que tiene una LM, va a incidir directamente en la calidad de vida, la rehabilitación, la reinserción social y laboral<sup>7</sup>, ya que la edad promedio de presentación de esta condición clínica varía de 15 a 35 años, por lo que estas personas están en edad laboral.<sup>3,4,7,8</sup>

Además de las secuelas motoras antes mencionadas, la persona sufre distintas complicaciones, entre las que se enumeran: urinarias, gastrointestinales, cardiorrespiratorias, ortopédicas, úlceras por presión y dolor<sup>1,3</sup>. Al analizar las complicaciones, las respiratorias, ocasionan la muerte de los pacientes con LM en repetidos casos; se determina que es una de las causas más frecuentes de fallecimiento.<sup>2,3,9</sup> Se dan a partir de diversos factores: se puede deber a la disminución de la función pulmonar, al cambio en su mecánica ventilatoria, a la sobrecarga de los músculos inspiratorios con el aumento de consumo de oxígeno que esto conlleva, entre otras<sup>2,3</sup>. Uno de los fundamentos para esto puede ser la afección del principal músculo de la inspiración, inervado por

C3-C4-C5<sup>2,10</sup>, el grado de alteración de la función del diafragma va a depender del nivel de lesión, es decir, si está afectado o no el nervio frénico. Así como el diafragma, en la respiración también interfieren los músculos del abdomen que su inervación depende de T3 a T9 o T10, la parálisis de estos músculos de igual manera afectará el patrón respiratorio<sup>1,3,10,11,12</sup>. Por lo descrito anteriormente, la condición del sistema respiratorio de estos pacientes los predispone a la incapacidad de generar una tos efectiva, que cumpla con el fin de eliminar secreciones, reteniéndose estas en las vías aéreas, aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias como neumonía, atelectasias y derrames pleurales.<sup>1-3,9,12,13</sup>

En las últimas décadas el avance que se ha producido en la medicina posibilita que las personas con LM tengan una supervivencia similar a la del resto de la población, asimismo el conocimiento de asistencia a estos pacientes ha evolucionado de forma muy importante. Aun así, sigue suponiendo un grave problema desde los puntos de vista social, económico y físico. En la mayoría de los casos adoptan un estilo de vida sedentario, disminuyendo su capacidad funcional, su participación, su autonomía, llevando a afectar finalmente su calidad de vida.<sup>3,14</sup>

Uno de los recursos para mejorar su calidad de vida es la práctica habitual de actividad física, un medio para esto es el deporte, que adicionalmente a los beneficios que se obtienen con el ejercicio, se añaden psicológicos y sociales; se fomenta la interacción social, los vínculos, la competencia, incentivando a la superación<sup>15</sup>. El deporte es una actividad tanto recreativa como terapéutica que de igual modo les genera desafíos. Además estas personas tienen muchas posibilidades de desarrollarse como atleta en todo tipo de deportes adaptados en la actualidad.<sup>6,14,15</sup>

De la información aportada por la literatura científica, se da a conocer que, a pesar de los obstáculos que genera la LM para las actividades de la vida diaria, como para la práctica de actividad física, existe suficiente información y conocimiento sobre cómo contribuye a mantener la salud, mejorar la condición física, llevando a una mejora en la calidad de vida, evitando complicaciones específicas típicas de estos pacientes. De este modo se plantea: ¿Cuáles son las modificaciones en la función pulmonar que genera la realización de actividad física en pacientes con lesión medular nivel C4-T12?

## II. OBJETIVOS

### II.a General

El objetivo general de este estudio es analizar, en la literatura disponible, las modificaciones que genera la actividad física en la función pulmonar en pacientes con LM dentro de los niveles C4 a T12.

### II.b Específicos

- Analizar los efectos de la actividad física en PI máx. y PE máx., volúmenes, capacidades y flujos pulmonares
- Valorar los componentes que debe tener un plan de intervención para ser efectivo.
- Revisar las diferencias a la hora de implementar una actividad física para los distintos niveles de lesión

### III. MARCO TEÓRICO

#### III.a. Definición de Lesión Medular:

El daño en la médula espinal genera un déficit neurológico, que resulta en la pérdida de movilidad, sensibilidad y/o función autónoma; por debajo del nivel de lesión. Dependiendo de la localización, el daño podrá alterar el funcionamiento normal a nivel de miembros superiores, inferiores, tórax y abdomen. La LM es una situación clínica compleja, supone un quiebre tanto desde la perspectiva individual como familiar, ocupacional y sexual. La persona debe afrontar las secuelas de la discapacidad y los cambios que va a suponer están en su vida. No existe un patrón de respuesta, cada lesión tiene sus particularidades de acuerdo a su etiología, tipología e intensidad; además de las características individuales, personalidad previa y la capacidad de reacción ante situaciones dolorosas que influyen en las diferentes formas de confrontarla.<sup>1-4,17,18.</sup>

#### III.b. Diagnóstico. Evaluación, ASIA

Para llegar al diagnóstico de LM se debe realizar un examen físico, evaluando la función sensitiva y motora, teniendo en cuenta el motivo de consulta, ya que puede ser de origen traumático, no traumático, adquirido (infecciosos, neoplásicos, vasculares, autoinmunes, inflamatorios, desmielinizantes, idiopáticos o iatrogenia) o congénito (mielomeningocele). Además se debe observar radiografía simple y neuroimágenes con Tomografía Axial Computarizada y Resonancia Magnética Nuclear.<sup>1-3,19, 20,21.</sup>

La evaluación de un paciente con LM se lleva a cabo mediante las directrices impuestas por ASIA, siendo una escala de valoración neurológica en la que determina la extensión de la lesión y si es completa o incompleta.<sup>1-3,19, 20</sup>

- Para determinar el nivel de lesión se debe valorar la función motriz a través de la fuerza de músculos claves según cada nivel; en cuanto a la función sensitiva es a través del tacto leve y del dolor (pinchazo).
- Para determinar si es completa o incompleta se evalúa la contracción voluntaria o no del esfínter anal, es decir, una LM es completa cuando no existe contracción voluntaria; y es incompleta cuando logra una contracción voluntaria.

Niveles de lesión según ASIA:

- A completa: Función motora y sensitiva no conservada en los segmentos sacros S4 – S5.
- B incompleta sensitiva: Función sensorial pero no motora conservada por debajo del nivel neurológico e incluye a los segmentos sacros S4 – S5.

- C incompleta: Función motora conservada por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular menor de 3.
- D incompleta motora: Función motora conservada por debajo del nivel neurológico, y al menos la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular  $\geq 3$ .
- E normal: Función sensitiva y motora son normales.<sup>5</sup>

### III.c Diferencia de los niveles

En cuanto a los niveles de LM, se modifica su función, movilidad, dependencia, requerimiento de ventilación, diferentes ayuda marcha, entre otras, según el nivel de lesión; a continuación se desarrolla en detalle cada nivel de LM.<sup>1-3,19, 20</sup>

Tabla 1. Niveles de LM

NIVEL	Función	Dependencia	Otros
C1 - C3	Afección de las 4 extremidades y el tronco	Todas las AVD	Requerimiento de ventilación mecánica
C4	Preservan músculos de cabeza y cuello. Pueden elevar los hombros.	Todas las AVD. Ingesta de líquidos con asistencia	Movilidad en silla eléctrica. Puede llegar al destete de la ventilación mecánica
C5	Preservan los mismos músculos que C4 además de la flexión de codo	Todas las AVD, aunque pueden colaborar en al realizarlas	Movilidad en silla eléctrica. Respira de forma autónoma
C6	Las anteriormente nombradas más extensión de muñeca (prensión pasiva extensión activa)	Parcialmente dependientes de sus AVD	Silla de ruedas autopropulsable, distancias cortas, silla eléctrica distancias más largas. Autonomía respiratoria. Pueden conducir vehículos adaptados

C7	Las anteriormente nombradas sumando la extensión de codo.	Reduce aún más su dependencia en el autocuidado.	Más posibilidades para moverse, al conservar mayor funcionalidad en MMSS pueden generar la propulsión y ayudar en las transferencias.
C8	Además pueden realizar flexión de dedos (prensión)	Mayor independencia funcional y en el autocuidado	Pueden autopropulsarse en una silla de ruedas, pero en terrenos irregulares suelen usar una silla eléctrica
T1-T9	A partir de T1 conservan indemnes los MMSS	Independencia funcional, en actividades de autocuidado, movilidad y en ciertas actividades domésticas.	T1: Silla de ruedas manual.
			T2 a T9: pueden realizar la bipedestación profiláctica con bitutores en paralelas
T10-L1	Respiración y capacidad vital normal, por conservar músculos de tronco	Independientes en AVD	Pueden realizar bipedestación independiente y marcha terapéutica, pero por el gran gasto energético se desplazan en silla de ruedas
L2-S5	L2 a S1 movilidad en MMII.  S2 a S5 pueden desarrollar fuerza en MMII pero no control de esfínter.	Independencia funcional	Son capaces de lograr marcha funcional, aun así algunos pueden preferir la silla.

### III. d. Epidemiología

Hablar de la epidemiología de esta lesión se dificulta por la escasez de estudios y falta de actualización de la información; aun así se puede decir que, se registran por año en todo el mundo 250.000 a 500.000 personas que sufren LM. Las de origen traumático por accidentes automovilísticos representan aproximadamente 80%, la edad de las personas varía entre 15 a 40 años, ocurriendo casi el 50% de las lesiones en el grupo de 15 a 25 años y según su frecuencia en relación al sexo predomina en hombres, con una relación hombre mujer de 2:1. <sup>4,3,6,22.</sup>

### III. e. Alteraciones

La LM genera alteraciones del funcionamiento normal en distintos sistemas:

1. Alteración de la función vesical e intestinal:
  - Vejiga neurógena: en gran parte de los pacientes sin importar su funcionalidad o nivel de lesión se puede encontrar que se modifica su funcionamiento normal, ya sea por un vaciamiento repentino, un vaciamiento incompleto, una retención urinaria, etc. Los pacientes con este tipo de lesiones tienen incontinencia y altas presiones intravesicales por orina residual, lo que puede llevar a una disinergia esfinteriana, por lo que se realizan sondajes intermitentes. <sup>1-3</sup>
  - Intestino neurógeno: con la interrupción de las señales nerviosas por el daño medular, se bloquea la conexión entre el cerebro y los intestinos, alterando la función de movimiento intestinal, las sensaciones a nivel del recto y el control esfinteriano. Las alteraciones del aparato gastrointestinal se deben al intestino neurógeno. <sup>1-3</sup>
2. Alteraciones de la función sexual: al intervenir con los segmentos toracolumbares y sacos se genera una interrupción con el cerebro por lo que el reflejo genital se puede perder. <sup>1-3</sup>
3. Alteración de la termorregulación: por la alteración del sistema autónomo. <sup>1-3</sup>
4. Alteraciones cardiovasculares <sup>1-3</sup>
  - Hipotensión: por la alteración en la función simpática, con estasis venosa de MMII, disminución de la actividad muscular, con reducción del retorno venoso.
  - Arritmias: la descarga del Nódulo Sinusal depende del SNA, la disfunción del sistema autónomo puede llevar a arritmias ventriculares.

- Disreflexia autónoma: es la respuesta del sistema vegetativo ante un estímulo producido por debajo del nivel de lesión, esta respuesta es anormal y exagerada, puede suponer una crisis en el paciente. Cursa con una excesiva vasoconstricción por debajo del nivel y una vasodilatación por encima del nivel de lesión. En una crisis los signos y síntomas que puede presentar el paciente son; hipertensión arterial, cefalea pulsátil, piloerección (piel de gallina), sudoración (la cual se presenta únicamente encima del nivel de lesión), congestión nasal, bradicardia, ruborización, visión borrosa, inquietud, opresión en el pecho, dificultad para respirar.
5. Alteración de la Función Respiratoria y del Reflejo de la Tos: la función respiratoria y la eliminación de secreciones se puede ver más o menos afectada dependiendo del nivel de lesión; en los niveles más altos se encuentran las mayores dificultades por la falta de inervación de los músculos que intervienen en la respiración. <sup>1-3</sup>

### III.f. Complicaciones

Las alteraciones antes desarrolladas generan una alteración en el funcionamiento, llevando a diversas complicaciones:

1. Úlceras por presión, como factores que ayudan al desarrollo de estas se puede nombrar, a la falta de sensibilidad, la fragilidad de la piel y la disminución de la movilidad, con tiempos prolongados en una misma posición.<sup>1-3</sup>
2. Complicaciones Urinarias
  - a. Infecciones urinarias: se encuentran dentro de las complicaciones más frecuentes, las alteraciones en los intestinos, combinado con las complicaciones urinarias llevan a los pacientes a repetidas infecciones.<sup>1-3</sup>
  - b. Litiasis: afectan a un 10% de los pacientes con vejiga neurógena.<sup>1-3</sup>
  - c. Reflujo vesico-ureteral: se presenta en el 13-23% de los casos de vejiga neurógena, mayormente cuando tienen vejiga hiperactiva. La causa es el mal vaciamiento vesical. <sup>1-3</sup>
  - d. Ureterohidronefrosis: es una complicación tardía, producida por el aumento de la presión vesical, por infecciones y por litiasis recurrentes. Para evitar la insuficiencia renal debe ser tratada precozmente. <sup>1-3</sup>
3. Complicaciones gastrointestinales:
  - a. Úlcera gástrica o duodenal: se puede presentar en un 22%, son más frecuentes en la etapa aguda, secundaria al estrés. <sup>1-3</sup>
  - b. Hemorroides: complicación habitual en las personas con LM. En la mayoría de los casos se presentan como en el resto de la población, secundarias al estreñimiento.<sup>1-3</sup>

- c. Íleo y abdomen agudo: la alteración del funcionamiento intestinal, la continencia fecal y el tránsito intestinal disminuido, incrementan el riesgo de complicaciones importantes a este nivel.<sup>1-3</sup>
4. Complicaciones Cardiorrespiratorias:
- a. Trombosis Venosa Profunda (TVP) y Tromboembolia Pulmonar (TEP): se genera un trombo en la red venosa profunda que luego puede llevar a un TEP. Puede desarrollarse tanto en etapas agudas como crónicas, con mayor tendencia en las agudas. Como factores de riesgo se encuentran la disfunción del SNA, la disminución del flujo local que condicionan una reducción de la circulación sanguínea de los miembros inferiores, la estasis venosa y el estado de hipercoagulabilidad transitorio durante la fase aguda.<sup>1-3</sup>
  - b. Insuficiencia respiratoria e infección de las vías respiratorias: estas complicaciones son la causa más común de muerte tras la LM, son resultado de la pérdida de la capacidad inspiratoria y espiratoria. Una inspiración insuficiente lleva a la hipoventilación pulmonar, favoreciendo a la formación de atelectasias. La parálisis muscular produce fatiga y como consecuencia se da un fallo respiratorio. La insuficiencia respiratoria generada por la LM, sumado a la incapacidad para toser, fomenta la acumulación de secreciones, que dan lugar a atelectasias, incrementando el riesgo de neumonía.<sup>1-3</sup>
5. Complicaciones Ortopédicas:
- a. Escoliosis: se debe a desequilibrios, debilidad o parálisis musculares que causan pérdida de control del tronco.<sup>1-3</sup>
  - b. Pie Equino: está asociado a la lesión neurológica que condiciona a debilidad y/o desequilibrio muscular, que resultan en la incapacidad para realizar la dorsiflexión del pie.<sup>1-3</sup>
  - c. Osificación Heterotópica: también conocidas como osificaciones periarticulares (OPP) u osteomas, son la aparición o formación de tejido óseo, en tejido blando, por lo general alrededor de las grandes articulaciones, principalmente en cadera, rodilla y hombro. La causa de estas OPP es desconocida.<sup>1-3</sup>
  - d. Osteoporosis y Fracturas: la pérdida de la densidad mineral ósea se presenta rápidamente tras la LM. El principal factor de riesgo para la osteoporosis en el LM es la inmovilidad. Los sitios de fracturas se correlacionan con los sitios de mayor osteoporosis; por lo que las fracturas se presentan con mayor frecuencia en la región supracondílea y en el tercio proximal de la tibia.<sup>1-3</sup>

6. Dolor: entre el 30-50% de las personas con LM presentan dolor de forma frecuente como complicación. No siempre este dolor requiere de un tratamiento específico ya que sólo un pequeño porcentaje presenta dolor intenso y persistente.<sup>1-3</sup>

### III.g. Lesión Medular y la actividad física.

La actividad física (AF) es recomendada para todo tipo de personas, algunas de las indicaciones pueden depender de distintos objetivos o para lograr diversos beneficios en la salud. Tras una LM como se mencionó anteriormente la persona tendrá múltiples alteraciones del funcionamiento normal de los sistemas, llevando a complicaciones que pueden poner en riesgo su vida <sup>23</sup>, por lo que los beneficios de realizar una actividad son más significativos en comparación con una persona sin las alteraciones secundarias a la lesión. En las personas con LM es común que opten por un estilo de vida sedentario, el cual puede contrastar con su condición física previa a la lesión. <sup>23</sup> Las posibilidades de realizar AF sin tener discapacidad son muchas, pero al tratarse de una persona con discapacidad estas disminuyen. Alcanzar los mismos beneficios requiere un tiempo más prolongado y los riesgos ante una negligencia pueden ser irreversibles, por lo que, para lograr los objetivos sin un deterioro adicional es importante conocer las oportunidades y riesgos de la práctica de AF<sup>34</sup> ; aun así no es una limitación para que estas personas realicen alguna actividad, sólo se debe tener conocimiento de la condición individual y adaptar los objetivos para que sean logrados sin generar efectos contraproducentes en su evolución. La AF se puede abordar desde la rehabilitación para completar procesos de readaptación o reeducación, lo que modifica la intervención para aumentar la adherencia al tratamiento en casos que este deba ser prolongado.

Para la práctica deportiva se debe tener en cuenta las adaptaciones necesarias para lograr un buen rendimiento como adecuar el peso, textura, forma y tamaño del material que se utilice, adaptar los tiempos a las condiciones de los participantes, considerar que los accesos y espacios permitan la deambulaci3n, garantizando la independencia de todos.

La AF puede ser un medio que facilite un cambio de paradigma que oriente hacia la inclusi3n y el respeto a la diversidad, ya que permite a las personas participar sin diferencias, siendo un espacio para el desarrollo de habilidades, destrezas, que adem1s promueve el resguardo y valoraci3n de los derechos sociales de todas las personas.

Haciendo hincapi3 en las complicaciones respiratorias, que son las que con mayor frecuencia atentan su subsistencia, debido a la par1lisis o debilidad (dependiendo del nivel) de los m1sculos respiratorios; esta condici3n lleva a una disminuci3n progresiva de los vol1menes pulmonares, con una hipoventilaci3n y tos ineficaz, dando lugar a las complicaciones respiratorias antes mencionadas como la insuficiencia respiratoria,

atelectasias y neumonías; de manera que el ejercicio en estas personas puede generar múltiples beneficios en su capacidad pulmonar.<sup>23-25</sup>

### III. h. Variables que representan la función pulmonar

Como ya se mencionó previamente la persona con LM tiene alteraciones en su sistema respiratorio, para evidenciar y evaluar las modificaciones de la función pulmonar se desarrollarán las presiones respiratorias máximas (Pimax-Pemax), volúmenes, capacidades y flujos pulmonares; al tener conocimiento sobre las variables se puede entender su íntima relación con la función pulmonar, ya que esta última va depender de los valores de las capacidades, volúmenes y presiones.

III.h.a Presiones respiratorias máximas: aportan información sobre la fuerza de los músculos respiratorios, su evaluación da a conocer el progreso en la terapia, dado que se comparan sus valores con los estándar y se realizan mediciones previas y post entrenamiento, permite constatar su evolución en el tiempo. Además son mediciones no invasivas, simples y globales.<sup>26</sup>

- PI máx: es la presión inspiratoria máxima realizada por los músculos inspiratorios, es decir, es la presión máxima negativa pulmonar a partir de un volumen residual, generada por la musculatura inspiratoria, principalmente diafragma.<sup>26</sup>
- PE máx: es la presión espiratoria máxima realizada por los músculos espiratorios, es decir, es la presión máxima positiva pulmonar a partir de una capacidad pulmonar total, generada por la musculatura espiratoria, principalmente abdominales e intercostales internos.<sup>26</sup>

### III.h.b Volúmenes, capacidades y flujos pulmonares.

Algunos de estos se pueden medir con un espirómetro, aunque ni la capacidad residual funcional, ni el volumen residual se miden con un espirómetro simple. Se determinan valores de referencia, los que aplican a jóvenes normales, en los que estos volúmenes son virtualmente los mismos, pero en pacientes con alguna patología el volumen ventilado puede ser considerablemente menor (Ver figura 1).<sup>27</sup>

- Volumen corriente: es el volumen que se maneja en una respiración normal.
- Capacidad vital forzada (CVF): se denomina al volumen espirado, al realizar una inspiración máxima seguida de una espiración máxima.<sup>27</sup> Es un indicador de la capacidad pulmonar. Su disminución define las patologías no obstructivas (restrictivas), aunque también puede estar limitada en las patologías obstructivas graves.<sup>29</sup>
- Volumen residual: aire que permanece en los pulmones luego de una espiración forzada.

- Capacidad residual funcional(CRF): aire que queda en los pulmones tras una respiración normal.
- Capacidad pulmonar total (CPT): es la sumatoria de capacidad vital total+volumen residual, representa la cantidad de volumen total que puede contener un pulmón.
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF<sub>1</sub>/VEF1): es el volumen máximo espirado durante el primer segundo después de una espiración forzada iniciada a capacidad pulmonar total, su valor es el más utilizado para medir la función pulmonar debido a su alta reproducibilidad, aunque sea esfuerzo dependiente. Cuando su valor disminuye se puede referir a una patología obstructiva, restrictiva, pérdida de retracción elástica pulmonar o debilidad de la musculatura respiratoria. <sup>29</sup>

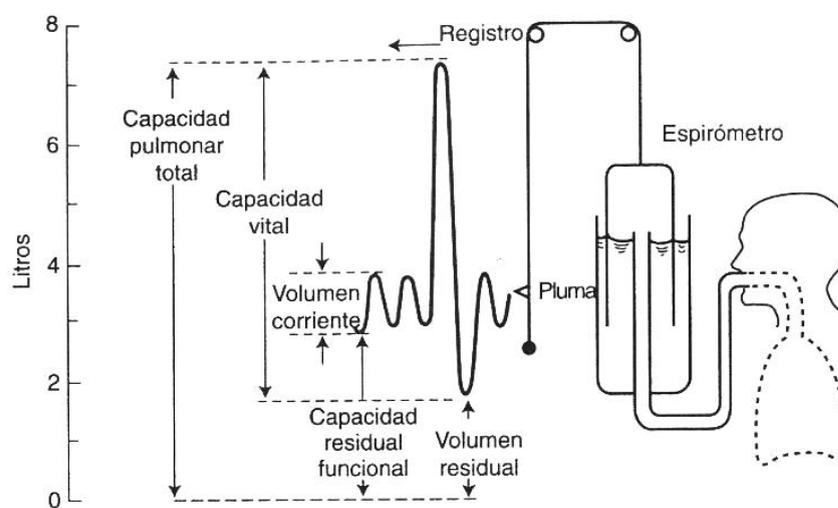


Figura 1: Volúmenes pulmonares.<sup>27</sup>

Con la comprensión de las definiciones antes nombradas, se puede ratificar que en una persona con LM, al tener parálisis de los músculos respiratorios, dependiendo de su nivel de lesión, va a influir en la capacidad de poder inspirar y espirar, llevando a una disminución en todos los valores de las variables; es importante llevar un registro de las mismas para constatar si mejoran o no, ya que si no se entrenan los músculos respiratorios indemnes la función pulmonar puede ir en detrimento a lo largo del tiempo; al realizar un entrenamiento los músculos deben activarse para compensar la función faltante. <sup>1-3,9,11-13,23-25</sup> Para evidenciar un incremento de la función pulmonar depende de varios factores, como las características personales (género, edad, altura, masa corporal) y las características de la lesión (tiempo posterior a la lesión y nivel de la lesión).<sup>11,13</sup> Los valores positivos para los parámetros en:

- Función pulmonar: el sexo masculino, menor edad, mayor talla, mayor masa corporal y el nivel más bajo de la lesión. <sup>11,13</sup>
- Fuerza máxima de los músculos inspiratorios, el sexo masculino, menor edad, la mayor masa corporal y el nivel más bajo de la lesión. <sup>11,13</sup>

- Fuerza máxima de los músculos espiratorios, el sexo masculino, menor edad, el tiempo posterior a la lesión más prolongado y el nivel más bajo de la lesión. <sup>11,13</sup>

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Como se mencionó previamente, la actividad física en adultos jóvenes genera cambios en la función respiratoria. Se puede predecir la función pulmonar y la fuerza de los músculos respiratorios, tomando como variables: sexo, edad, altura (cm), peso (kg), tiempo post lesión (años) y nivel de lesión; los resultados para la función pulmonar se verán reflejados en CVF, PEF, VEF<sub>1</sub> y para la fuerza de los músculos respiratorios en Pimax y Pemax.<sup>13,16</sup> En pacientes con LM estas se ven afectadas, teniendo en cuenta que, sin importar el nivel específico de lesión, si el paciente tiene una lesión a nivel cervical o dorsal, la función respiratoria se encontrará en detrimento por la falta de actividad de musculatura accesorio, como lo es el recto anterior del abdomen, intercostales internos e intercostales externos. Por lo tanto el fortalecimiento de la musculatura indemne, podría llegar a suplir la falta de actividad por debajo del nivel de sección.

Con todos los beneficios antes nombrados que aporta la actividad física y el deporte a los pacientes con lesión medular, se reafirma que se busca principalmente mejorar la función respiratoria, al mejorar su capacidad pulmonar se consigue disminuir el número de complicaciones respiratorias que conllevan a la muerte a este grupo de pacientes. Al mismo tiempo la práctica de actividad física impacta en el contacto social, favoreciendo la integración, las relaciones personales así como el interés de superarse; incidiendo de esta forma en la calidad de vida.

## V. MÉTODOS

Se realizó una revisión de la literatura científica, analizando estudios en los que pacientes con LM realizaron una actividad física, y que se haya evaluado las modificaciones de las variables que reflejan la función pulmonar, estando relacionadas con el aumento o disminución de complicaciones respiratorias de estos pacientes. El periodo de publicación que se utilizó fue de 2011 a 2022.

Las bases de datos que se utilizaron fueron Pubmed, Biblioteca virtual de salud, Biblioteca Virtual de la Universidad del Gran Rosario y Biblioteca Electrónica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Las palabras claves en las que se basó la búsqueda fueron: Lesión Medular, Actividad Física y Función Pulmonar

CONCEPTO	MeSH	DeCs
<b>Lesión medular</b>	"Trauma, Nervous System"	("Traumatismos del Sistema Nervioso")
	"Spinal Cord Injuries"	("Traumatismos de la Médula Espinal")
	"Paraplegia"	("Paraplejía")
<b>Actividad Física</b>	"Exercise"	("Ejercicio Físico")
	"Physical Fitness"	("Aptitud Física")
<b>Función pulmonar</b>	"Lung Volume Measurements"	("Mediciones del Volumen Pulmonar")
	"Total Lung Capacity"	("Capacidad Pulmonar Total")
	"Respiratory System"	("Sistema Respiratorio")

Las combinaciones utilizadas fueron:

- (("Spinal Cord Injuries"[Mesh]) AND "Exercise"[Mesh])) AND ( "Lung Volume Measurements"[Mesh] OR "Total Lung Capacity"[Mesh] ) Base de datos : PubMed; total de resultados n=9;resultados con filtro de fecha 2011 2022 n=6

- ("Paraplegia"[Mesh]) AND "Physical Fitness"[Mesh]) AND "Total Lung Capacity"[Mesh]) Base de datos : PubMed; total de resultados n=2;resultados con filtro de fecha 2011 2022 n=0
- ("Spinal Cord Injury") AND ("Exercise") AND ("Total Lung Capacity") Base de datos : PubMed; total de resultados n=5;resultados con filtro de fecha 2011 2022 n=3
- ("Spinal Cord Injury") AND ("Exercise") AND ("Respiratory System") Base de datos : PubMed; total de resultados n=9;resultados con filtro de fecha 2011 2022 n=4
- ("Paraplejia") AND ("Sistema Respiratorio") AND ("Ejercicio Físico") Base de datos : BVS; total de resultados n=2;resultados con filtro de fecha 2011 2022 n=0
- ("Traumatismos del Sistema Nervioso") AND ("Aptitud Física") AND("Capacidad Pulmonar Total") Base de datos : BVS; total de resultados n=0
- ("Traumatismos de la Médula Espinal") AND ("Ejercicio Físico") AND ("Mediciones del Volumen Pulmonar") OR ("Capacidad Pulmonar Total") Base de datos : BVS; total de resultados 965;resultados con filtro fecha 519 y filtro idioma 516

Los artículos deben estar en idioma inglés, español o portuges, tener en cuenta como variables la medición de la función pulmonar, a través de PI máx. y PE máx., volúmenes, capacidades y flujos pulmonares. La población será pacientes con LM puede existir una variación de nivel de lesión desde C4 a T12.

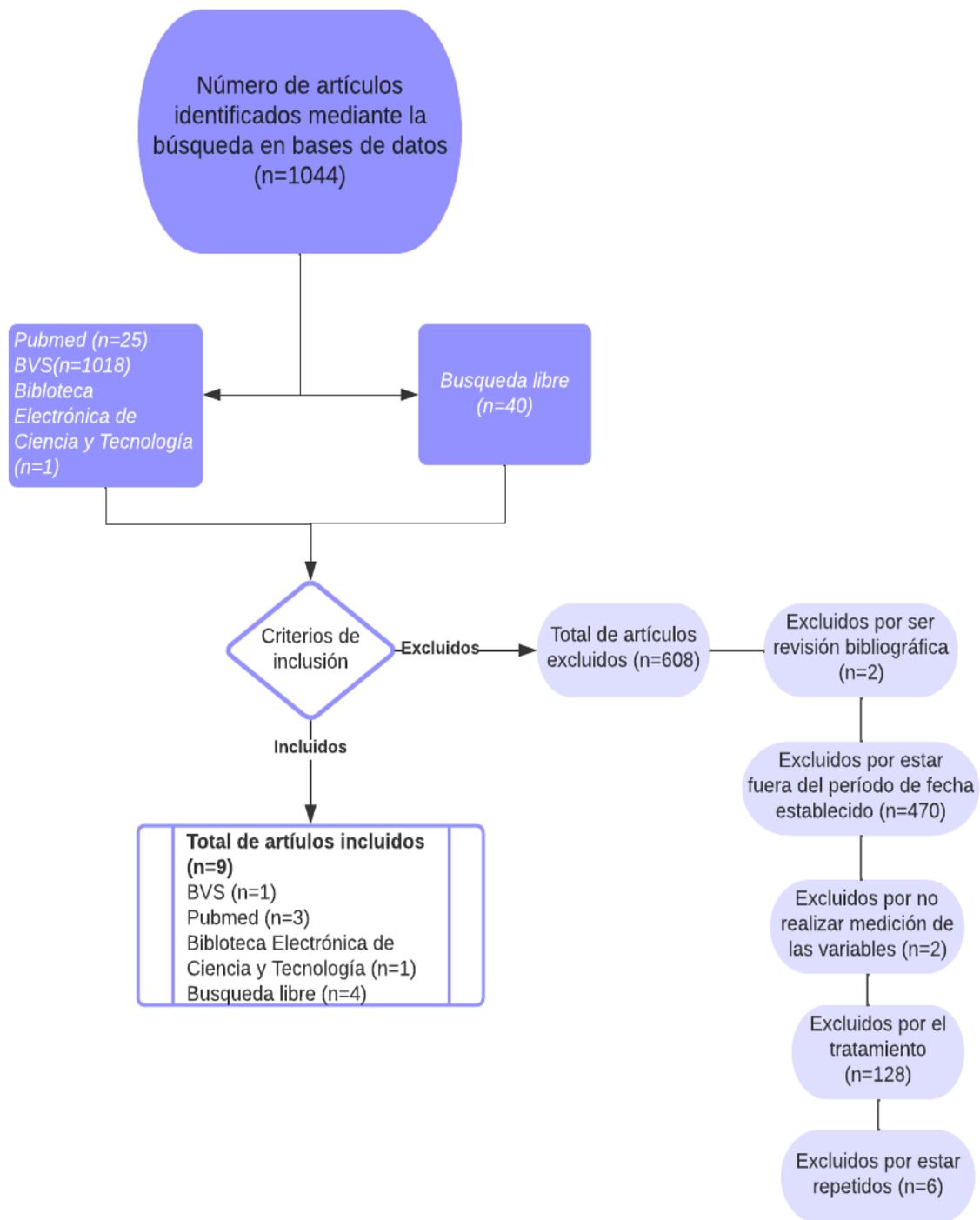


Figura 2. Diagrama de flujo para selección de artículos

## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 2. Resultados. Información sobre el año, los autores, el objetivo, la muestra, la intervención, los resultados y las variables de los artículos elegidos

Año - Autor	Objetivo	Muestra	Intervención	Variables dependientes	Resultados
2013 Terson de Paleville D. et al. <sup>30</sup>	Conocer hasta qué punto el entrenamiento locomotor (EL) en cinta asistido manualmente con soporte del peso corporal puede cambiar la función respiratoria en personas con LM.	n= 8 Edad:37±18 Género:8M-1F Tiempo post lesión(meses): 25±12 Nivel: C3-T12	Hay un solo grupo, se toman mediciones pre y post intervención de EL 60 min, 5 veces a la semana. Total de 62 ± 10 sesiones (3 meses aprox)	→ CVF → Pimax → Pemax → VEF1 → Reclutamiento de unidades motoras	CVF, VEF1, PImax, PEmax, la cantidad de actividad sEMG global y la tasa de reclutamiento de unidades motoras aumentaron significativamente después del EL(p < 0,05).

<p>2014 Fischer G. et al <sup>31</sup></p>	<p>Investigar el impacto del entrenamiento de resistencia de los músculos respiratorios (RMET) sobre la función pulmonar y el rendimiento del ejercicio en atletas con paraplejia de alto nivel de lesión</p>	<p>n= 12 atletas de handbike divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n= 6 RMET</li> <li>• n= 6 Control</li> </ul> <p>Edad:18 a 50 Género:12M-2F Tiempo post lesión: 4,5 a 30 meses Nivel: T2 a T8 Experiencia en la actividad: 2 años</p>	<p>1. <u>RMET</u>: realizó 20 sesiones, 30 min</p> <p>2. <u>Control</u>: ninguna intervención de RMET.</p> <p>Duración: 4 semanas</p>	<p>→ CVF → VEF1</p>	<p>La función pulmonar en reposo no fue diferente entre los grupos y no cambió con la intervención. RMET, aumentó significativamente en un 27 % la resistencia de los músculos. La ventilación al minuto final se incrementó de 89 ± 20 L/min a 112 ± 20 L/min después de RMET y la sensación de disnea disminuyó (P &lt; 0,05).</p>
--	---	---	---	-------------------------	--

<p>2015 Tiftik, T., Gökkaya, N., Malas, F. et al. <sup>32</sup></p>	<p>Comparar los efectos del entrenamiento locomotor(EL) combinado con el programa de rehabilitación con un programa sólo de rehabilitación de la función pulmonar en pacientes con LM, investigando los valores de espirometría de los pacientes</p>	<p>n= 52 divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n=26 EL</li> <li>• n=26 Control</li> </ul> <p>Edad EL:31,2±12,7 Control: 35,6±15</p> <p>Género:40M-12F</p> <p>EL: 19M - 7F C: 21M - 5F</p> <p>Tiempo post lesión(meses)</p> <p>EL: 10,6±13,5 C:14,5±12,5</p> <p>Nivel EL: 7 cervical - 6 torácica -1 lumbosacra</p>	<p>1. <u>EL</u> 30min+tto convencional</p> <p>2. Grupo <u>control</u> solo tto convencional</p> <p>Duración 4 semanas</p>	<p>→ CVF → VEF1</p>	<p>Las variables medidas CVF, VEF1. El aumento en el grupo fue estadísticamente significativo. La ventilación voluntaria máxima aumentó estadísticamente significativamente en ambos siendo p=0,132 para el grupo control, p=0,013 en intervención representando la CVF, para VEF1 control p=0,226 e intervención p=0,035</p>
---	--	--	---	-------------------------	---

		Nivel C: 10 cervical - 9 torácica -7 lumbosacra			
--	--	---	--	--	--

<p>2016 Carvalho Abreu E.M et al. <sup>33</sup></p>	<p>Evaluar los efectos del entrenamiento con piragüismo adaptado, en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), la función pulmonar y la fuerza de los músculos respiratorios en los parapléjicos debido a LM</p>	<p>n= 6 Edad:31,5±7,68 Género:5M-1F Tiempo post lesión: mayor a 8 meses Nivel:T4 a T9</p>	<p>Hay un solo grupo, se evaluó VFC, espirometría y manovacuómetro antes y después del entrenamiento de piragüismo adaptado. Duración 3 meses</p>	<p>→ CVF → VEF1 → Pimax → Pemax</p>	<p>Después del entrenamiento no hubo un aumento significativo en RR (12,7%), SDNN (24,3%), rMSSD (50,0%), pNN50 (478,6%), LF (ms<sup>2</sup>) (53,3 %), HF (ms<sup>2</sup>) (158,8%), SD1 (50,6%), SD2 (23,2%) y SampEn (20,2%). Los índices de HF (u.n) y LF/HF tuvieron una reducción no significativa de 5,7% y 7,0%, respectivamente. Las mayores ganancias respiratorias fueron de MVV (9,7%), PImáx (8,5%) y PEmáx (11,0%), sin embargo, no fueron significativas</p>
---	---	---	---	---	---

<p>2017 Chang-Yo ng K.et al. 34</p>	<p>Efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios(RTM) combinado con la maniobra de retracción abdominal en la función pulmonar de pacientes con LM crónica</p>	<p>n=38 divididos en tres grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n= 13 RTM</li> <li>• n=12 Integrado</li> <li>• n= 12 Control</li> </ul> <p>Edad</p> <p>RTM 39,98±11,48</p> <p>I: 41,51±10,4</p> <p>C: 40,12±8,73</p> <p>Género:22M-15F</p> <p>Tiempo post lesión: 3 años</p> <p>Nivel:C4-T7</p>	<p>1. RTM 2. Integrado 3. Control.</p> <p>Ejercicios 3 sesiones de 15 min/semana</p> <p>Duración 8 semanas</p>	<p>→ CVF → VEF1</p>	<p>La diferencia pre y post-test para CVF y VEF1 fue significativa en todos los grupos, pero en el grupo con tto integrado la diferencia fue significativa en comparación con los otros grupos. Esta diferencia aumentó con durante las 8 semanas.</p> <p><u>Valor de p:</u></p> <p>VEF1 Intervención: <math>p &lt; 0.01</math> 11.49 (0.001)</p> <p>CVF Control: <math>p &lt; 0.01</math> 11.48 (0.002)</p>
---	--	--	--	-------------------------	--

		<p><b>I:</b>C4-C5:2, C6-7: 2, T1-2:2, T3-4:4, T5-6: 3</p> <p><b>RTM:</b>C4-C5:3, C6-7: 2, T1-2: 2, T3-4: 3, T5-6: 2</p> <p><b>C:</b>C4-C5:1, C6-7: 3, T1-2: 2, T3-4: 3, T5-6: 3</p>			
--	--	---	--	--	--

<p>2017 AKKURT H. et al <sup>35</sup></p>	<p>Investigar los efectos del ejercicio aeróbico de brazos sobre los parámetros de función cardiopulmonar, calidad de vida, grado de discapacidad, estado psicológico y síndrome metabólico.</p>	<p>n=40 al inicio, <b>n=33</b> completaron la prueba, divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n=17 Intervención</li> <li>• n=16 Control</li> </ul> <p>Edad:15 a 65 años Género I: 16M - 1F C:13M - 3F Tiempo post lesión: al menos 1 mes Nivel:T4 a T9</p>	<p>1. <u>Intervención</u>, ejercicios de ergómetro de brazo (tres días/semana; 1,5 horas/semana 50-70% pVO2) y ejercicios generales (dos sesiones/día; 5 días/semana)</p> <p>2. <u>Control</u> se le asignaron ejercicios generales solo durante esta prueba.</p> <p>Duración 12 semanas. Se evaluó a los pacientes a la semana 0, a la semana 6 y a la semana 12</p>	<p>→ CVF → VEF1</p>	<p>Se encontraron aumentos de 39,6% y 45,4% en los niveles de pVO2 y PO</p>
---	--	--	---	-------------------------	---

<p>2019 Xi J. et al <sup>36</sup></p>	<p>Investigar los efectos del entrenamiento de la hiperpnea normocápica sobre la función pulmonar y los resultados en pacientes con LM</p>	<p>n=18 divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n= 9 entrenamiento de la hiperpnea normocápica</li> <li>• n=9 control</li> </ul> <p>Edad 34 a 63</p> <p>Intervención 54,3 (media)</p> <p>Control: 52, 9 (media)</p> <p>Tiempo post lesión: mayor a 24 meses</p> <p>Nivel:C2 a T12</p>	<p>1. <u>Hiperpnea</u> normocápica, realizaron un entrenamiento de 15 a 20 min por día, 5 veces. Hiperventilación 50% CVF</p> <p>2. <u>Control</u>, no recibió entrenamiento de los músculos respiratorios, realizó 1 o 2 por día/5 veces a la semana: Movilizaciones activo-pasivas 5min , ejercicios(rolidos, sentarse-movilidad en cama)10 min, equilibrio dinámico, entrenamiento de mmss 20 min</p> <p>Duración 4 semanas</p>	<p>→ CVF</p> <p>→ VEF1</p>	<p>Se encontraron diferencias significativas en el índice de mejora entre los grupos de hiperpnea normocápica y control para todos los parámetros investigados, excepto la capacidad pulmonar total y la capacidad de difusión del monóxido de carbono del pulmón.</p> <p>Valor de p &lt; 0.05 en el grupo intervención tanto para CVF como VEF1</p>
---------------------------------------	--	---	--	----------------------------	--

		<b>I:</b> C2: 1, C3-C54: 1, C4-C6: 1, C6-C7: 1, T9: 1, T11: 1, T12: 2  <b>C:</b> C3-C54: 1, C4: 2, C5: 1- C4-C6: 1, T9: 1, T10: 1, T11-T12: 1			
--	--	---	--	--	--

<p>2021 Xiang, XN. et al <sup>37</sup></p>	<p>Explorar los efectos de caminar con asistencia del exoesqueleto (CAE) en la Función Pulmonar (FP) en individuos con LM y compararlo con el entrenamiento convencional</p>	<p>n=18 se dividieron en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n=9 CAE</li> <li>• n=9 Control</li> </ul> <p>Edad CAE: 39,8±12,2 C: 36,6±11,8</p> <p>Género CAE: 7M-2F C: 8M - 1F</p> <p>Nivel: T3-L2</p>	<p>1. CAE 2. Convencional</p> <p>Duración 16 sesiones de 50-60 min de entrenamiento 4 días/semana.</p>	<p>→ CVF → VEF1</p>	<p>Se observó un aumento estadísticamente significativo en los valores de CVF(control: p = 0,285 intervención: p = 0.010), CVF% predicho y VEF1 en el grupo EAW (CVF: 3,8 ± 1,1 L; CVF% pred = 94,1 ± 24,5%; VEF1: 3,5 ± 1,0 L) en comparación con el grupo convencional (Intervención p=0,040) (CVF: 2,8 ± 0,8 L; CVF% pred = 65,4 ± 17,6%; VEF1: 2,4 ± 0,6 L)</p>
--	--	---	--	-------------------------	---

<p>2022 Zhang XY. et al <sup>38</sup></p>	<p>Analizar los efectos terapéuticos de Vocal Respiratory Training (VRT) en la disfunción respiratoria en pacientes con LM</p>	<p>n= 37 (C4-C5 ASIA A o B) <b>n=26</b> participantes completaron la terapia. Se dividieron en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• n= 13 VRT</li> <li>• n= 13 Control</li> </ul> <p>Edad:18 a 60 años</p> <p>VRT: 39,31±17,87</p> <p>C: 40,54±19,88</p> <p>Género VRT 10M-3F</p> <p>C 11M- 2F</p> <p>Tiempo post lesión</p> <p>VRT: 6,03±4,57</p> <p>C: 5,48±3,71</p>	<p>1. <u>VRT</u>, realizó 30 min de sesión por semana</p> <p>2. <u>Control</u>, recibió fisioterapia respiratoria.</p> <p>Duración 12 semanas</p>	<p>→ CVF</p> <p>→ VEF1</p>	<p>Tras las 12 semanas de intervención en el grupo VRT se observó un incremento sustancial en la función respiratoria, aumentó el flujo respiratorio después de una sola inhalación, además del VC, VEF1.0 y MMF. También incrementa el grado en que el diafragma participa en los movimientos inspiratorios, expande la capacidad pulmonar y es muy eficaz para la rehabilitación respiratoria después de una LM</p> <p><u>Valores de p</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VEF1 p=0,0195</li> <li>• CVF p=0.0331</li> </ul>
---	--	--	---	----------------------------	--

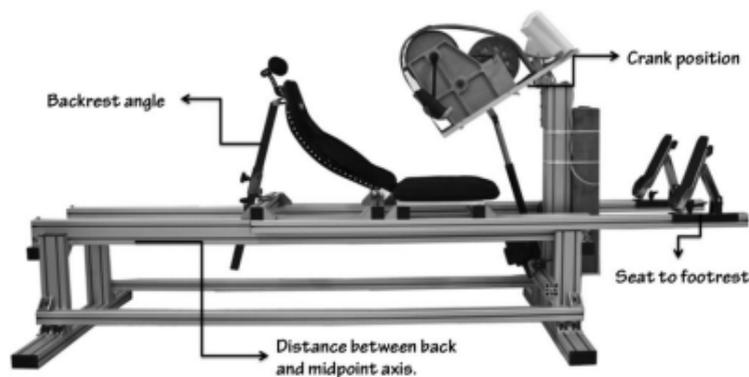
		Nivel:T4 a T9			
--	--	---------------	--	--	--

Dentro de los artículos seleccionados se realizaron distintos entrenamientos, todos con el objetivo de mejorar la función pulmonar.

Tres de los nueve artículos estudiaron el entrenamiento locomotor (EL) :

1. Terson de Paleville D. et al. (2013)<sup>30</sup> Además de medir la función pulmonar también se exploró a través de electromiografía la amplitud y el reclutamiento de unidades motoras de todos los músculos respiratorios durante las tareas respiratorias que generan una máxima presión espiratoria, máxima presión inspiratoria y la tos, se encontró que aumentaron significativamente después del entrenamiento en comparación con las medidas iniciales, así como la mejora estadísticamente significativa de las variables respiratorias.
2. Tiftik, T., et al. (2015)<sup>32</sup> el grupo de intervención se realizó 30 min de entrenamiento locomotor se le colocó un arnés y un sistema de soporte de peso corporal (Hocoma AG, Suiza), sujetando el tronco y la pelvis sobre una cinta rodante y sujetando las piernas con muñequeras. La velocidad de la cinta rodante se fijó inicialmente en un valor tan bajo como 1,0 km h<sup>-1</sup> y el terapeuta la aumentó hasta 1,5 km h<sup>-1</sup> según lo tolerará el sujeto, a esto se sumó el tratamiento convencional.
3. Xiang, XN. et al (2021)<sup>37</sup> Exploraron los efectos de caminar con asistencia del exoesqueleto (EAW) en la Función Pulmonar (PF) en individuos con LM y compararlo con el entrenamiento convencional se realizaron ejercicios aeróbicos, caminata con ayuda externa y ejercicios de equilibrio dinámico y estático.

Fischer G. et al (2014)<sup>31</sup> Todas las mediciones fueron tomadas el mismo día al mismo tiempo, se realizó una medición luego de una hora que incluyó mediciones de la función pulmonar en reposo, test incremental de máximo pedaleo manual (Ver figura 3) , test de resistencia respiratoria. Luego de 5 horas del test se realizó un ejercicio de simulación de una carrera de handbike.



### Figura 3. partes de handbike <sup>32</sup>

Carvalho Abreu E.M et al.(2016)<sup>33</sup> evaluaron los efectos del entrenamiento con piragüismo adaptado, en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), la función pulmonar y la fuerza de los músculos respiratorios en los parapléjicos debido a LM.

Chang-Yong K.et al (2017)<sup>34</sup> La maniobra de retracción abdominal constó de mantener una máxima inspiración por 3 a 4 segundos, luego realizar una máxima espiración, un set estaba formado por 5 series de 10 repeticiones, luego descansaban 1 minuto. En caso de que el paciente sienta fatiga o mareo realizaba una pausa y luego se continuaba con el ejercicio, si los síntomas eran severos se detenía el entrenamiento. Se utilizó un StabilizerTM inflado en 50 mmHg, lo que proporcionó un feedback.

AKKURT H. et al (2017)<sup>35</sup> investigaron los efectos del ejercicio aeróbico de brazos sobre los parámetros de función cardiopulmonar, calidad de vida, grado de discapacidad, estado psicológico y síndrome metabólico.

Xi J. et al. (2019)<sup>36</sup> Realizaron un entrenamiento con hiperventilación 50% CVF y grupo control no recibió entrenamiento de los músculos respiratorios. Además de las variables respiratorias evaluaron la presencia y severidad de síntomas de depresión usando Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), el impacto de salud en la vida cotidiana y el bienestar con St George's Respiratory Questionnaire (SGRQ), la salud global Chronic Obstructive Pulmonary Disease Assessment Test (CAT) y el nivel de percepción de la respiración Borg score.

Zhang XY. et al (2022)<sup>38</sup> Cada sesión de entrenamiento VRT de media hora tenía los siguientes componentes:

1. Durante los primeros 10 minutos, el musicoterapeuta guió al paciente a cantar una melodía corta, y luego guió al paciente a cantar la melodía corta utilizando un método de canto entrecortado para mejorar la fuerza de los músculos abdominales.
2. En los siguientes 10 minutos, el musicoterapeuta guió al paciente en el canto de las vocales con diferentes líneas tonales de la melodía.
3. En los últimos 10 minutos, se instruyó al paciente para que cantara canciones específicas.

Las canciones se seleccionaron de acuerdo con los grados 1 a 3 de la Prueba Vocal de la Asociación de Músicos Chinos (Xu y Gong, 2014).

El grupo control recibió fisioterapia respiratoria, ejercicios de control respiratorio, reducción de labios, respiración abdominal y fisioterapia respiratoria

Tabla 3. Resultados de Pimax pre y post intervención, medición en cmH<sub>2</sub>O.

	VARIABLE (cmH <sub>2</sub> O)		
Artículo	Pimax pre	Pimax post	p valor
Terson de Paleville D. et al. <sup>30</sup>	-66 ± 26	-75 ± 22	p < 0.05
Carvalho Abreu E.M et al. <sup>33</sup>	-126,67 ± 30,60	-137,50 ± 46,01	p < 0.05

Tabla 4. Resultados de Pemax pre y post intervención, medición en cmH<sub>2</sub>O.

	VARIABLE (cmH <sub>2</sub> O)		
Artículo	Pemax pre	Pemax post	p valor
Terson de Paleville D. et al. <sup>30</sup>	59 ± 28	71 ± 29	p < 0.05

Carvalho Abreu E.M et al. <sup>33</sup>	113,33 ± 42,26	125,83 ± 57,65	p < 0.05
---	----------------	----------------	----------

Tabla 5. Resultados de CVF pre y post intervención, medición en % o mL según se indica en cada una.

	VARIABLE		
Artículo	Capacidad vital total (CVF)	Capacidad vital total (CVF)	p valor
Terson de Paleville D. et al. <sup>30</sup>	80 ± 27 %	88 ± 21%	(p < 0.05)
Fischer G. et al (mL) <sup>31</sup>	Intervención: 3.97 6 0.87	Intervención 4.07 6 0.82	no significativo
	Control: 4.06 6 1.14	Control: 4.04 6 1.01	no significativo

Tiftik, T., et al. <sup>32</sup> (mL)	Intervención: 3.5±0.8	Intervención: 3.6±0.9	p=0,013
	Control: 3.2±0.9	Control: 3.3±0.9	p=0,132
Carvalho Abreu E.M et al. <sup>33</sup> %	2.5±1.5	2.8±1.7	no significativo
Chang-Yong K. et al. <sup>34</sup> (mL)	ITG: 2.05 ± 0.34	ITG: 2.60 ± 0.19	P < 0.01 11.48 (0.002)
	RMTG: 2.21 ± 0.54	RMTG: 2.40 ± 0.69	
	CG: 1.97 ± 0.32	CG: 2.02 ± 0.44	
AKKURT H. et al. <sup>35</sup> (mL)	Intervención: 3.8 [4.7-2.5] (0 sem)	Intervención: 4.111 [4.53-2.6] (12 sem)	no significativo

	Control: 3.2 [5.5-1.8] sem)	Control: 3.4 [5.9-2.1] sem)	no significativo
Xi J. et al <sup>36</sup> %	Intervención: 57.1 (30.2)	Intervención: 66.6 (30.1)	(p < 0.05)
	Control: 59.0 (15.0)	Control: 56.0 (14.7)	no significativo
Xiang, XN. et al <sup>37</sup>		$\Delta = 17,2\%$ ; $t = 2,445$ ;	p=0,040
Zhang XY. et al <sup>38</sup> (mL)		4,720	p=0.0331

Tabla 6. Resultados de VEF1 pre y post intervención, medición en % o mL según se indica en cada una.

	<b>VARIABLE</b>
--	-----------------

Artículo	VEF1	VEF1	p valor
Terson de Paleville D. et al. <sup>30</sup> (%)	75 ± 25	77 ± 24	p < 0.05
Fischer G. et al. <sup>31</sup> (mL)	Intervención 3.33 ± 0.73	Intervención 3.49 ± 1.00	-
	Control: 3.45 ± 0.74	Control: 3.48 ± 0.90	-
Tiftik, T. et al. <sup>32</sup> (mL)	Intervención: 3.4±0.9	Intervención: 3.6±0.9	0,035
	Control: 3.1±0.8	Control: 3.1±0.9	0,226
Carvalho Abreu E.M et al. <sup>33</sup> (%)	60 ± 10	65,9± 10	-
Chang-Yong et al. K <sup>34</sup> (mL)	ITG: 1.80 ± 0.26	ITG: 2.50 ± 0.16	P < 0.01 11.49 (0.001)

	RMTG: 1.91 ± 0.44	RMTG: 2.11 ± 0.13	
	CG: 2.07 ± 0.17	CG: 2.09 ± 0.74	
AKKURT H. et al. <sup>35</sup> (mL)	Intervención: : 3.5 [3.7-2.3] (0 sem)	Intervención: 3.36 [3.9-2.5] (12 sem)	-
	Control: 2.63 [4.9-1.7] (0 sem)	Control: 2.8 [4.9-1.6] (12 sem)	-
Xi J. et al <sup>36</sup> (%)	Intervención: 56.3 (19.4)	Intervención: 65.6 (19.5)	
	Control: 56.1 (9.2)	Control: 52.0 (10.9)	p=0.000
Xiang, XN. et al <sup>37</sup>		Intervención:	p = 0.010

		$\Delta = 0.8$ L; $t = 3.359$ <hr/> Control: $\Delta = - 0,2$ L; $t = - 1,146$ ;	<hr/> <p><math>p = 0,285</math></p>
Zhang XY. et al <sup>38</sup> (mL)		$\Delta = 4,720$	$p = 0,0195$

## VII. DISCUSIÓN

Como se mencionó anteriormente realizar un entrenamiento aporta beneficios a los distintos sistemas en una persona tras una LM, donde estos se reflejan en su calidad de vida, impactando en sus actividades de la vida cotidiana, mejorando sus respuestas y adaptaciones al entrenamiento.

Se trabajó con 9 artículos de los cuales realizaron diferentes actividades como entrenamiento de caminata <sup>30,32,37</sup>, ciclismo adaptado <sup>31</sup>, piragüismo adaptado <sup>33</sup>, entrenamiento de los músculos respiratorios con maniobra de retracción abdominal <sup>34</sup>, entrenamiento aeróbico de miembros superiores <sup>35</sup>, entrenamiento en hiperpnea normocápnica <sup>36</sup> y entrenamiento de las cuerdas vocales <sup>38</sup>.

Los resultados de los artículos elegidos aportan información sobre cómo se modificó la función respiratoria en los pacientes, sólo en Fisher et al.<sup>31</sup>, Carvalho et al.<sup>33</sup> y Akkurt et al.<sup>35</sup> no se observaron cambios significativos en las mediciones de CVF y VEF1. El estudio de Fisher et al.<sup>30</sup> contaba con una muestra de 12 atletas de handbike, los que se dividieron en n=6 intervención y n=6 control, quedando una muestra muy reducida de pacientes a los cuales se les aplicó el tratamiento, la duración del estudio fue de 4 semanas, las variables que sí se modificaron fueron el aumento de la resistencia, la disminución de la disnea y el aumento de la ventilación minuto final; la falta de modificación de CVF y VEF1 se pueden adjudicar al corto tiempo de intervención comparado con los estudios que duraron 3 meses como Terson de Paleville D. et al.<sup>30</sup>, Carvalho Abreu E.M et al.<sup>33</sup>, Akkurt H. et al.<sup>35</sup>, Zhang XY. et al.<sup>38</sup> o 2 meses como Chang-Yong K .et al.<sup>34</sup>, ya que el entrenamiento debe generar las adaptaciones celulares necesarias para satisfacer la demanda, como el aumento de tamaño y número de mitocondrias, aumento de enzimas oxidativas, que demandarán una provisión creciente de oxígeno en trabajos físicos sostenidos. En Carvalho et al.<sup>34</sup> se modificó la CVF y VEF1 aunque no logró ser significativo, el tamaño muestral esta investigación fue n=6, en este caso se registra una mejora significativa en las presiones inspiratorias y espiratorias; tanto el estudio de Fisher et al.<sup>31</sup>, cómo Carvalho et al.<sup>33</sup> cuentan con una muestra muy reducida, siendo no representativa. En Akkurt et al.<sup>35</sup> se realizó entrenamiento aeróbico de brazos que contó con n=33 en total siendo n=17 el grupo intervención la duración fue de 12 semanas, se registraron aumentos de 39,6% y 45,4% en los niveles de pVO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub> luego de la intervención de ejercicio aeróbico de brazos al 50-70% pVO<sub>2</sub>, aunque en comparación con Sutbeyaz et al.<sup>40</sup>, estudio eliminado tras la aplicación de los criterios de inclusión por estar fuera de fecha, en esta investigación también realizaron ejercicio de manivela al 75% del VO<sub>2</sub> máximo alcanzado durante prueba de esfuerzo cardiopulmonar máximo basal, hubo aumentos significativos en CVF, VEF1, CF,

FC pico, RER, VE pico, PO pico y tiempo hasta la fatiga; también se observó que la relación máxima entre el espacio fisiológico y el volumen corriente (VD/VT) disminuyó con el entrenamiento. En este estudio la intensidad del ejercicio se aumentó gradualmente hasta el ejercicio máximo tolerado durante las 6 semanas

En los estudios de Terson et al.<sup>30</sup>, Tifik et al.<sup>32</sup>, Chang-Yong et al. K<sup>34</sup>, Xi et al.<sup>36</sup>, Xiang et al.<sup>37</sup>, Zhang et al.<sup>38</sup>, se registraron cambios significativos en las mediciones de CVF y VEF1 luego de aplicar el tratamiento de intervención en cada uno; se sabe que el ejercicio es la estrategia terapéutica más exitosa para tratar la disfunción y la pérdida de masa muscular, este impacta positivamente en el número de contacto entre capilares y fibras musculares a nivel de la microcirculación muscular, generando adaptaciones a la tolerancia al ejercicio, así también se observa una disminución la disnea, tras la mejoría en la función muscular, impactando positivamente en la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) y el número de exacerbaciones de la enfermedad.<sup>43</sup>

El tamaño muestral fue reducido en la mayoría de los estudios, de esto se toma conciencia en todos los trabajos analizados, se puede adjudicar a que la condición de los pacientes requiere de un mayor control, por lo que quizás no sería lo ideal en este caso, realizar una investigación con un tamaño muestral mayor. Al realizar una investigación de este tipo presenta desafíos metodológicos al no contar con una muestra grande y homogénea; además que no todas las personas con LM están dispuestas a participar de un estudio y realizar ejercicio físico; dentro del grupo de pacientes que participarían, la asistencia, la accesibilidad, el transporte, un acompañante y complicaciones secundarias pueden ser un impedimento para participación.

Otra cuestión a tener en cuenta es la activación muscular necesaria para responder a la demanda del ejercicio, en una persona sin afección de la inervación de los músculos respiratorios, en la inspiración se activan los músculos accesorios de la inspiración como los intercostales externos y en la espiración, cambia su patrón, de pasiva se torna activa con contracción de los músculos de la pared abdominal y músculos accesorios de la espiración como los intercostales internos, esto se genera para contribuir al aumento de la presión;<sup>42</sup> en estos pacientes se pone en juego la activación de músculos que puedan llegar a suplir la acción de los que perdieron su función por la falta de conexión con la médula, de las investigaciones elegidas solo dos tomaron en cuenta la activación muscular y su modificación tras el entrenamiento; en Terson et al.<sup>30</sup> realizaron electromiografía (EMG) de los músculos pectoral (porción clavicular), intercostales (6to espacio intercostal línea anterior axilar), recto abdominal (a nivel umbilical), abdominales oblicuos y paravertebrales; en el registro inicial se observó que la activación muscular se encuentra alterada en los individuos evaluados, reflejando un retraso en la respuesta, luego del tratamiento aumentó la actividad muscular y la amplitud en EMG.<sup>30</sup> En Zhang et al.<sup>38</sup> realizaron una resonancia magnética con

tensor de difusión neuronal (DTI), en la que se forma un mapa de las conexiones neuronales, en el grupo de intervención realizaron conscientemente comandos de señales nerviosas motoras respiratorias, emitidos por la corteza frontal durante las actividades de canto, lo que promovió la actividad de los haces de fibras nerviosas centrales respiratorias y orientación molecular aumentó en cierta medida la participación de actividades corticales, logrando un nivel significativamente más alto de intercambio de información; además se evidenció que tras la actividad aumentó el grado en que el diafragma participa en los movimientos inspiratorios.<sup>38</sup>

Hasta el momento no hay demasiada información sobre la asociación de realizar un entrenamiento que indirectamente mejore la función respiratoria, como la práctica de un deporte o una terapia respiratoria pero sin basarse solamente en el tratamiento convencional para estos pacientes, si existe evidencia en la literatura acerca de los beneficios de realizar entrenamiento de los músculos respiratorios sobre la función pulmonar, como describen Tamplin J, Berlowitz D et al.<sup>41</sup> en su revisión donde plantean como resultado que el entrenamiento de los músculos respiratorios aumenta la fuerza respiratoria, la función y la resistencia durante el período de entrenamiento<sup>41</sup>; como también Ribeiro Lemos J et al.<sup>42</sup> exponen que el entrenamiento de los músculos respiratorios está asociado a cambios que favorecen a la función pulmonar en cuanto a la fuerza y resistencia de los músculos respiratorios, tanto en atletas como en pacientes sin entrenamiento.<sup>42</sup> Cuando los tratamientos deben ser prolongados para alcanzar un objetivo o para el mantenimiento del mismo, lo mejor es encontrar opciones donde el paciente se sienta cómodo y disfrute de realizarlo, sin tener que imponer como obligación una terapia. Se plantea en este caso que la actividad física además de poder aumentar la adherencia al tratamiento y el compromiso con el mismo, genera múltiples respuestas y adaptaciones. Una de las adaptaciones puede ser la de ventilación pulmonar, en la cual se generan cambios significativos con el entrenamiento de resistencia durante el ejercicio de intensidad submáxima o máxima.<sup>43</sup>

Como punto débil de siete de los nueve artículos elegidos se destaca la falta de medición de las presiones máximas respiratorias; Terson et al.<sup>30</sup> y Carvalho et al.<sup>33</sup> son los que evalúan Pimax y Pemax, ambos registran un aumento significativo de las dos presiones. Su medición permite evaluar la fuerza de los músculos respiratorios, su resultado es especialmente importante en la evaluación y diagnóstico de enfermedades neuromusculares, lesiones que involucran al diafragma o músculos de la respiración; consta de una técnica no invasiva, sencilla, con una reproducibilidad aceptable, un punto a tener en cuenta a la hora de realizarla es conocer que depende del esfuerzo del paciente, por lo que, además de contar con equipos que cumplan con los estándares internacionales, se requiere ejecutarla de forma estandarizada y con adecuado control de calidad. Si bien no discrimina grupos musculares en sus valores la Pimax evalúa principalmente la fuerza diafragmática; mientras

que P<sub>max</sub>, la de los músculos intercostales y abdominales.<sup>44-46</sup> . Por lo que sería de gran relevancia que se realice la medición pre y post entrenamiento, para así constatar si existe una variación en la fuerza de los músculos implicados en la respiración

A lo largo de este trabajo se desarrollaron las complicaciones que padece una persona tras una LM y cómo ésta impacta en su vida. Contando con el conocimiento de la afección motora, sensitiva y/o autónoma de esta patología se puede decir que en cualquier caso su sistema respiratorio se encontrará con disminución de sus capacidades normales, además como ya fue expuesto la actividad física genera cambios en la función respiratoria tanto en una persona sin patologías como en una persona con LM, por lo tanto el conocimiento aportado indica que se debe realizar un entrenamiento de la musculatura respiratoria, obteniendo mejores resultados al combinar terapias respiratorias con ejercicios aeróbicos, caminatas o entrenamiento de las cuerdas vocales. Hasta el momento existe gran número de estudios experimentales y clínicos, aunque no está clara la forma en la que responden al entrenamiento, estando implicados los mecanismos de regulación neural del centro respiratorio, la plasticidad neuronal podría activar el circuito neural espinal que es responsable de la activación de los músculos respiratorios y la generación de la activación motora indemne para poder suplir la acción de la musculatura que se encuentra con parálisis según cada nivel.

## VIII. CONCLUSIÓN.

A la hora de rehabilitar una persona con LM son múltiples las posibilidades de abordar el tratamiento. En cuanto a lo específico en el abordaje del sistema respiratorio, así mismo varían sus formas de entrenarlo, desde simples ejercicios respiratorios a deportes o actividades adaptadas para estos pacientes. En esta revisión se buscó encontrar actividades que mejoren indirectamente la función respiratoria del paciente. En este estudio se analizó en la literatura disponible, las modificaciones que genera la actividad física en la función pulmonar en pacientes con LM dentro de los niveles C4 a T12.

Una de las cuestiones a tener en cuenta era analizar los efectos de la actividad física en PI máx. y PE máx., volúmenes, capacidades y flujos pulmonares. Pimax y Pemax están presentes sólo en dos artículos y CVF con VEF1 se miden en todos. La falta de la medición de las presiones respiratorias máximas es una limitación de estos estudios, ya que es representativa de la fuerza muscular.

Con respecto a las diferencias a la hora de implementar una actividad física para los distintos niveles de lesión, no se puede llegar a una conclusión; como ya se conoce la LM afecta al funcionamiento normal del sistema respiratorio, tanto su respuesta como capacidad de mejorar son dependientes del nivel de lesión, en estos casos es importante tener en cuenta a la hora de establecer las técnicas de asignación de los participantes a los diferentes grupos, una compensación de los niveles de lesión en la distribución de los mismos para que no afecte los resultados.

Al querer valorar los componentes que debe tener un plan de intervención para ser efectivo; el tiempo de duración varía de 3 meses a 4 semanas, siendo demasiado corto el periodo en algunas ocasiones para evidenciar modificaciones en las variables. A su vez el tiempo de cada intervención es inconstante desde 60 min 5 veces a la semana, a 15 min 3 veces a la semana. En relación a la duración de los estudios, nuevamente todos remarcan la corta duración, dando resultados que no predicen cómo se encontrarán las variables medidas a largo tiempo.

Debido a la heterogeneidad de intervenciones encontradas, la variabilidad en la duración del tratamiento, tanto total como de cada sesión, la falta de especificación de nivel de lesión y el reducido tamaño muestra se dificulta poder exponer la superioridad de una terapia sobre la otra. Sin embargo se puede decir que en todos los grupos de intervención, en mayor o menor medida, se encontró una mejora en la función pulmonar.

La realización de actividad física sola o sumada al entrenamiento de los músculos respiratorios genera un aumento significativo en la función pulmonar de los pacientes con LM, evidenciándose con la modificación de Pimax, Pemax, CVF y VEF1. Por lo que se

recomienda realizar actividad física con las personas con LM, la elección de la misma va a depender del paciente y de las posibilidades de intervención según cada lugar.

Es importante el resultado en la mejora de la función respiratoria, ya que puede disminuir las posibilidades de generar complicaciones como neumonía y atelectasia que los llevan a la muerte, además del impacto en la vida del paciente se incentiva a la integración social, reinserción a actividades que realizaba previamente, incidiendo en su calidad de vida.

Aun así se necesitan más estudios que cuenten con una muestra mayor, una duración prolongada, donde se midan todas las variables que representan la función pulmonar.



- centro de referencia. Estudio transversal y retrospectivo. Neurología Argentina [Internet]. 2018;10(1) [citado el 30 de agosto de 2021] p.24-29. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-argentina-301-articulo-caracteristicas-clinico-demograficas-e-impacto-funcional-S185300281730054X>
9. Martínez PYO, López JAH. Importancia del ejercicio físico en la capacidad pulmonar de personas con lesión medular, una propuesta pedagógica a través del medio acuático / Importance of physical exercise on lung capacity of people with spinal cord injury, a pedagogical proposal. RICS Rev Iberoam Las Cienc Salud [Internet]. 2014 [citado el 8 de junio de 2021];3(5):1–9. Disponible en: <https://www.rics.org.mx/index.php/RICS/article/view/20>
  10. Latarjet M, Ruiz Liard A. Colección Latarjet. Anatomía Humana [Internet]. 5.ª ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Médica Panamericana; 2019.1.[citado el 20 de junio de 2021]; p. 141. Disponible en: <https://www.medicapanamericana.com/VisorEbookV2/ebook/9789500695916#{%22Pagina%22:%22Tapa%201%22,%22Vista%22:%22Indice%22,%22Busqueda%22:%22%22}>
  11. Raab AM, de Groot S, Berlowitz DJ, Post MWM, Adriaansen J, Hopman M, et al. Development and validation of models to predict respiratory function in persons with long-term spinal cord injury. Spinal Cord [Internet]. 2019 [citado el 12 de mayo de 2021];57(12):1064–75. Disponible en: <http://www.nature.com/articles/s41393-019-0313-1>
  12. Schilero GJ, Radulovic M, Wecht JM, Spungen AM, Bauman WA, Lesser M. A Center's Experience: Pulmonary Function in Spinal Cord Injury. Lung [Internet]. 2014 [citado el 12 de mayo de 2021];192(3):339–46. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00408-014-9575-8>
  13. Mueller G, Groot S, Woude L, Perret C, Michel F, Hopman M. Prediction models and development of an easy to use open-access tool for measuring lung function of individuals with motor complete spinal cord injury. J Rehabil Med [Internet]. 2012 [citado el 12 de mayo de 2021];44(8):642–7. Disponible en: <http://www.medicaljournals.se/jrm/content/?doi=10.2340/16501977->
  14. Costa GAB, Ávila JLR, Herranz JB. Lesión medular y ejercicio físico: revisión desde una perspectiva deportiva. Rev Esp Discapac REDIS [Internet]. 2016 [citado el 8 de junio de 2021];4(2):163–85. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5765597>

15. Tesone Otimio J. Lesión de la Médula Espinal Información para pacientes, familiares y cuidadores. INAREPS Ministerio de Salud Presidencia de la Nación Subsecretaria de Gestión de Servicios Asistenciales. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inareps-lesion-medula-espinal.pdf>
16. Raab AM, de Groot S, Berlowitz DJ, Post MWM, Adriaansen J, Hopman M, et al. Development and validation of models to predict respiratory function in persons with long-term spinal cord injury. Spinal Cord [Internet]. 2019 [citado el 12 de mayo de 2021];57(12):1064–75. Disponible en: <http://www.nature.com/articles/s41393-019-0313-1>
17. Tornero Dacasa E, Sotorres González G. CLASIFICACIÓN, PRONÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LAS LESIONES MEDULARES Hospital Clinic. p 305-308 (64). Disponible en: [https://unitia.secot.es/web/manual\\_residente/CAPITULO%2062.pdf](https://unitia.secot.es/web/manual_residente/CAPITULO%2062.pdf)
18. Pérez-Parra, Julio Ernesto, Henao-Lema, Claudia Patricia, Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. Aquichan [Internet]. 2010;10(2):157-172. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74116245006>
19. Evangelista Santos Barcelos, A. C., Scardino, F. B., Patriota, G. C., Rotta, J. M. y Botelho, R. V. Paraparesis or incomplete paraplegia? How should we call it?. Acta Neurochir (Wien). 2009;151(4):369-72. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00701-009-0238-0>
20. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, Johansen M, Jones L, Krassioukov A, Mulcahey I, Schmidt-Read M, Waring. International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). J Spinal Cord Med. 2011; 34(6): 535–546. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3232636/>
21. De la Torre González D, Góngora López J, Huerta Olivares VM, Pérez Meave JA. Clasificación de ASIA en pacientes con traumatismo raquímedular. Rev Hosp Jua Mex 2001; 68 (3):133-137. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/juarez/ju-2001/ju013e.pdf>
22. J. Muñoz Castellano. Manejo pre hospitalario de la lesión medular. Revista Científica de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias. 2007; 19:25-31 Disponible en: <http://emergencias.portalsemes.org/descargar/manejo-prehospitalario-de-la-lesion-medular/>
23. van der Scheer JW, Martin Ginis KA, Ditor DS, Goosey-Tolfrey VL, Hicks AL, West CR, Wolfe DL. Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord

- injury: A systematic review. *Neurology*. 2017 Aug 15;89(7):736-745. Epub 2017. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28733344/>
24. Maher JL, McMillan DW, Nash MS. Exercise and Health-Related Risks of Physical Deconditioning After Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2017;23(3):175-187. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29339894/>
25. Ochoa Martínez PY, Hall López JA. Importancia del ejercicio físico en la capacidad pulmonar de personas con lesión medular, una propuesta pedagógica a través del medio acuático. *Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*. 2014;(3-5) Disponible en: <https://www.studocu.com/it/document/universita-telematica-e-campus/linguistica-generale/dialnet-importancia-del-ejercicio-fisico-en-la-capacidad-pulmonar-5045737/11751446>
26. Mora Romero. U, Gochicoa, Rangel L, Guerrero Zúñiga S, Cid-Juárez S, Silva Cerón M, Salas Escamilla I, Torre Bouscoulet L. Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax*. 2014[citado el 14 de abril de 2022] (73);4:247-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/nct/v73n4/v73n4a5.pdf>
27. West JB. *Fisiología Respiratoria*. 7.ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana;2005
28. Martin Ginis KA, Jörgensen S, Stapleton J. "Exercise and sport for persons with spinal cord injury." *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2012;(4,11)894-900. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23174556/>
29. Carvajal Urueña I, Blanco González JE. Espirometría forzada. En: AEPap ed. *Curso de Actualización Pediatría 2005*. Madrid: Exlibris Ediciones; 2005. p. 201-216 Disponible en: [https://www.aepap.org/sites/default/files/espirometria\\_forzada.pdf](https://www.aepap.org/sites/default/files/espirometria_forzada.pdf)
30. Terson de Paleville D, McKay W, Aslan S, Folz R, Sayenko D, Ovechkin A. Locomotor step training with body weight support improves respiratory motor function in individuals with chronic spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013 Dec 1;189(3):491-7. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.08.018>
31. Fischer G, Tarperi C, George K, Ardigò LP. An exploratory study of respiratory muscle endurance training in high lesion level paraplegic handbike athletes. *Clin J Sport Med*. 2014 Jan;24(1):69-75. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1097/JSM.0000000000000003>
32. Tiftik, T., Gökkaya, N., Malas, F. *et al*. Does locomotor training improve pulmonary function in patients with spinal cord injury?. *Spinal Cord* 2015(53, 467–470). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/sc2014251>

33. Abreu, Elizângela Márcia de Carvalho et al. EFEITOS DA CANOAGEM ADAPTADA SOBRE O SISTEMA CARDIOPULMONAR DE PARAPLÉGICOS. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* [online]. 2016[Acessado 21 Maio 2022] , pp. 386-392. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/VbdkbzRjSxwn7rDVTCH3cjk/?lang=pt#ModalArticles>
34. Chang-Yong K. Jung-Sun L, Hyeong-Dong. K, Dong-Jin L. Short-term effects of respiratory muscle training combined with the abdominal drawing-in maneuver on the decreased pulmonary function of individuals with chronic spinal cord injury: A pilot randomized controlled trial. *The journal of spinal cord medicine* vol. 40,1 (2017): 17-25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27463071/>
35. Akkurt H, Karapolat HU, Kirazli Y, Kose T. The effects of upper extremity aerobic exercise in patients with spinal cord injury: a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017;53(2):219-227. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.23736/S1973-9087.16.03804-1>
36. Xi J, Jiang H, Zhang N, Wang J, Zhang B, Cao H, Yang B, Frerichs I, Möller K, Zhao Z. Respiratory muscle endurance training with normocapnic hyperpnoea for patients with chronic spinal cord injury: A pilot short-term randomized controlled trial. *J Rehabil Med.* 2019;3,51(8):616-620. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.2340/16501977-2572>
37. Xiang, XN., Zong, HY., Ou, Y. *et al.* Exoskeleton-assisted walking improves pulmonary function and walking parameters among individuals with spinal cord injury: a randomized controlled pilot study. *J NeuroEngineering Rehabil.*2021;18, 86. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-021-00880-w>
38. Zhang XY, Yu WY, Teng WJ, Song YC, Yang DG, Liu HW, Liu SH, Li XB, Wang WZ, Li JJ. Effect of vocal respiratory training on respiratory function and respiratory neural plasticity in patients with cervical spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Neural Regen Res.* 2022;17(5):1065-1071. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8552850/>
39. Miranda F.H, Valenzuela M.H, Hinrichsen F.M, Pérez Ramírez N, Carvajal Muñoz C. Estrategias para la inclusión a través del deporte. Universidad Viña del Mar. Ediciones UVM. 2015 Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Munoz-Hinrichsen/publication/336956346\\_Estrategias\\_para\\_la\\_Inclusion\\_a\\_traves\\_del\\_Deporte/links/5e39b55092851c7f7f1cf07e/Estrategias-para-la-Inclusion-a-traves-del-Deporte.pdf#page=27](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Munoz-Hinrichsen/publication/336956346_Estrategias_para_la_Inclusion_a_traves_del_Deporte/links/5e39b55092851c7f7f1cf07e/Estrategias-para-la-Inclusion-a-traves-del-Deporte.pdf#page=27)
40. Sutbeyaz, ST, Koseoglu, BF y Gokkaya, NKO. Los efectos combinados de las técnicas de respiración controlada y el ejercicio muscular ventilatorio y de las

extremidades superiores sobre las respuestas cardiopulmonares en pacientes con lesión de la médula espinal. *Inter J de Rehab Res.* 2005(28, 273-276) Disponible en: <https://www.nchpad.org/389/2140/The~Combined~Effects~of~Controlled~Breathing~Techniques~and~Ventilatory~and~Upper~Extremity~Muscle~Exercise~on~Cardiopulmonary~Responses~in~Patients~with~Spinal~Cord~Injury>

41. Tamplin, J., Berlowitz, D. Una revisión sistemática y metanálisis de los efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios sobre la función pulmonar en la tetraplejia. *Médula espinal.* 2014(52, 175–180). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/sc.2013.162>
42. Ribeiro Lemos J, Amorim da Cunha F, Lopes A.J, Silva Guimarães F, Vieira do Amaral Vasconcelos F, dos Santos Vigário P. Respiratory muscle training in non-athletes and athletes with spinal cord injury: A systematic review of the effects on pulmonary function, respiratory muscle strength and endurance, and cardiorespiratory fitness based on the FITT principle of exercise prescription. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation.* 2019(1–13) Disponible en: <https://sci-hub.se/10.3233/BMR-181452>
43. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 3 ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Médica Panamericana;2006.p 281-395. Disponible en: <http://fisico.uta.cl/documentos/fisiologia/Fisiolog%C3%ADa%20del%20Ejercicio.%20L%C3%B3pez%20Chicharro.pdf>
44. Mora Romero UJ, Gochicoa-Rangel L, Guerrero-Zúñiga S, Cid-Juárez S, Silva-Cerón M, Salas-Escamilla I, Torre-Bouscoulet L. Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax.* 2014;73 (4:247-253) Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/nct/v73n4/v73n4a5.pdf>
45. Grippi MA, Fishman AP. Insuficiencia respiratoria en los trastornos estructurales y neuromusculares que afectan al fuelle torácico. En: Fishman AP, editor. *Tratado de Neumología* (2.a ed.). Barcelona: Doyma, 1991; 2131-2144.
46. Rodríguez J. *Fisiología Respiratoria.* 2a ed. Valencia – Venezuela. DCH (Consejo de desarrollo científico y humanístico de la Universidad de Carabobo). 2009.