



**Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Medicina  
División de Estudios de Posgrado e  
Investigación**



**Instituto Mexicano del Seguro Social  
Unidad Médica de Alta Especialidad Traumatología y Ortopedia  
“Lomas Verdes”  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Centro  
Ciudad de México**

**TÍTULO:  
EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS  
PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE  
LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO**

**TESIS DE POSGRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE: MÉDICO ESPECIALISTA  
EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

Presenta:

**PIZA AGUILAR ANTONIO ADONIS**

Tutor:

Dra. Dulce María González Mellado

Investigador responsable:

Dra. Dulce María González Mellado

Investigadores asociados:

Dra. Lilia Elizabeth Castillo Vázquez

Dra. Milagros Victoria Rodríguez Meza

Registro CLIS y/o Enmienda:

R-2023-1501-003

Lugar y fecha: Dirección de Educación e Investigación en Salud de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Centro. Ciudad de México, Agosto 2023

Fecha de egreso: 29 febrero 2024



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## APROBACIÓN DE TESIS



Dra. Celia Itxelt Infante Castro  
Coord. Clínica de Educación  
e Investigación en Salud  
MSS Mat. 59354218

---

**DRA CELIA ITXELT INFANTE CASTRO  
MAESTRA EN CIENCIAS DE EDUCACIÓN  
MÉDICA ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO  
COORDINADORA CLÍNICA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD**



---

**DRA DULCE MARÍA GONZÁLEZ MELLADO  
MÉDICA ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO  
TUTORA DE TESIS**

---

DRA LILIA ELIZABETH CASTILLO VÁZQUEZ  
MÉDICA ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN  
CON ALTA ESPECIALIDAD EN REHABILITACIÓN PULMONAR  
CONSULTA EXTERNA HOSPITAL GENERAL LA RAZA  
**ASESORA CLÍNICA DE TESIS**

---

DRA MILAGROS VISTORIA RODRÍGUEZ MEZA  
MÉDICA ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO  
**ASESORA CLÍNICA DE TESIS**

---

DR ANTONIO ADONIS PIZA AGUILAR  
MÉDICO RESIDENTE DE MEDICINA DE REHABILITACIÓN  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO  
**AUTOR**

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios, por permitirme vivir y disfrutar esta etapa de mi vida que jamás se olvidará.

A mis padres y hermanos, por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, ya que siempre me han brindado todo su apoyo para cumplir uno de mis objetivos como desarrollo profesional.

A las doctoras que han sido partícipes de esta contienda, por su paciencia y tiempo que han dedicado para enseñarme las bases de esta especialidad.

## **DEDICATORIA:**

Quiero dedicar esta tesis a mi gran familia que con todo su cariño y amor, me han enseñado tres valores principales que me caracterizan: Humildad, Respeto y Honestidad.

**Instituto Mexicano del Seguro Social  
Unidad Médica de Alta Especialidad  
“Lomas Verdes”,  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Centro,  
Ciudad de México.**

**TÍTULO:  
EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES  
CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE  
MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO**

**Investigadora responsable:**

Dra. Dulce María González Mellado <sup>a</sup>

**Tutor Titular:**

Dra. Dulce María González Mellado <sup>a</sup>

**Asesores Clínicos:**

Dra. Lilia Elizabeth Castillo Vázquez <sup>b</sup>

Dra. Milagros Victoria Rodríguez Meza <sup>c</sup>

**Asesor Metodológico:**

Dra. Celia Itxelt Infante Castro <sup>d</sup>

**Tesis alumno de postgrado en medicina física y rehabilitación:**

Dr. Antonio Adonis Piza Aguilar <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Médico especialista en Medicina de Rehabilitación, Adscrita al servicio de consulta externa. Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro, Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes”, IMSS. Matrícula: 99352578. Correo: [14dmgm@gmail.com](mailto:14dmgm@gmail.com)

<sup>b</sup> Médico especialista en Medicina de Rehabilitación con alta especialidad en Rehabilitación pulmonar, Adscrita al servicio de consulta externa Hospital General La Raza. IMSS. Matrícula: 97369914. Correo: [rehabilit.arte@gmail.com](mailto:rehabilit.arte@gmail.com)

<sup>c</sup> Médico especialista en Medicina de Rehabilitación, Adscrita al servicio de Hospitalización. Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro, Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes”, IMSS. Matrícula: 11653914. Correo: [mvr33@hotmail.com](mailto:mvr33@hotmail.com)

<sup>d</sup> Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Coordinadora Clínica de Educación e Investigación en Salud de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro. Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes”, IMSS. Matrícula: 99354218. Correo: [itxelt@hotmail.com](mailto:itxelt@hotmail.com)

<sup>e</sup> Médico residente de la especialidad de Medicina de Rehabilitación en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro, Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes”, IMSS. Matrícula: 98358693. Correo: [drpizaquilar@hotmail.com](mailto:drpizaquilar@hotmail.com)

**Correspondencia: Dra. Celia Itxelt Infante Castro.** Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro, Coordinación de Educación e Investigación en salud, UMAE “Lomas Verdes”, Ciudad de México, IMSS. Villalongín No. 117 Colonia Cuauhtémoc, Delegación Cuauhtémoc, C.P.06500, Teléfono: 56290200 Ext. 13846. [itxelt@hotmail.com](mailto:itxelt@hotmail.com)

## Contenido

I Resumen .....	1.
II Antecedentes.....	2
III Planteamiento del problema .....	21
IV Justificación.....	21
V Pregunta de Investigación.....	22
VI Hipótesis.....	22
VII Objetivos .....	23
VIII Material y Métodos .....	23
VIII.1 Diseño.....	23
VIII.2 Sitio.....	24
VIII.3 Periodo.....	24
VIII.4 Material.....	24
VIII.4.1 Cálculo del tamaño de la muestra.....	24
VIII.4.2 Criterios de selección.....	25
IX Metodología .....	26
IX. 1 Modelo conceptual.....	27
IX. 2 Descripción de variables.....	28
IX 2.1 Recursos Humanos .....	30
IX 2.2 Recursos Materiales .....	30
X Análisis estadístico de los resultados.....	31
XI Consideraciones éticas .....	31
XII Recursos, Financiamiento y Factibilidad.....	32
XIII Resultados.....	33
XIV Discusión.....	44
XV Conclusiones.....	48
XVI Bibliografía.....	50
XVII Anexos.....	54
Anexo 9 Instrumento de recolección de datos.....	61
Anexo 10 Consentimiento informado.....	62

Anexo 11 Carta de no inconveniente por la dirección.....	63
Anexo 12 Carta de aceptación del tutor.....	64
Anexo 13 Dictamen del comité de ética e investigación en salud.....	65
Anexo 14 Dictamen de aprobación.....	66

## I RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** La lesión medular espinal se define como todo aquello proceso patológico, de cualquier etiología, que afecta a la médula espinal y puede originar alteraciones de la función motora, sensitiva y autónoma<sup>(1)(2)</sup>. Condicionando múltiples complicaciones entre ellas las pulmonares son la principal causa de muerte después a la LM<sup>(21)</sup>.

**OBJETIVO:** Determinar la función mecánica pulmonar de los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** La determinación de la mecánica pulmonar fue evaluada por espirometría y flujometría. La espirometría permite medir el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), capacidad vital forzada (CVF). La flujometría orienta acerca de la calidad de la tos a través del pico flujo de tos (PFT). **RESULTADOS:** En el presente estudio se captaron un total de 27 pacientes (21 masculinos y 6 femeninos), se encontró a la paraplejia con 74% y la tetraplejia 26%, los niveles torácicos altos de T1-T6 son los más afectados con un 48%. El patrón sugerente de restricción se reporta en 70% y el normal 30%. El pico flujo de tos se reportó débil del 30 a 33%, ineficaz 7% y normal 30%. **CONCLUSIONES:** Los pacientes con lesión medular traumática completa, presentan una función mecánica pulmonar disminuida. El patrón que predomina es el sugerente de restricción. Los pacientes presentaron una CVF, VEF<sub>1</sub> y un pico flujo de tos disminuido en niveles de lesión medular altos.

**PALABRAS CLAVE:** lesión medular, neumonía, atelectasia, VEF1, CVF, VEF1/CVF, Pico flujo de tos, PImáx, PEmáx.

## **II ANTECEDENTES**

### **A. SISTEMA NERVIOSO CENTRAL**

La médula espinal (ME) es el principal conducto a través del cual viaja la información motora, sensitiva y neurovegetativa entre el cerebro y todo el cuerpo humano, además de realizar funciones propias de reflejo. La lesión de médula espinal (LME) se define como todo aquello proceso patológico, de cualquier etiología, que afecta a la médula espinal y puede originar alteraciones de la función motora, sensitiva y autónoma<sup>(1)</sup>. Lesión medular puede clasificarse de acuerdo a la etiología. Como traumática y no traumática. En las de etiología traumática encontramos las caídas, los accidentes automovilísticos, las heridas por proyectil de arma de fuego entre otras. Y en la no traumáticas se encuentran enfermedades autoinmunes, infecciosas, oncológicas..

#### **Epidemiología:**

En los últimos años, diferentes países han reportado un aumento en las tasas de incidencia y prevalencia de las lesiones medulares, distinguiendo las características epidemiológicas y clínicas más relevantes. Dentro de la población de sujetos con lesión de médula espinal (LME), aquellas de origen traumático representan las de mayor porcentaje. Por tal motivo, en comparación a la de origen no traumático, suelen ser las más analizadas en la literatura. Las lesiones traumáticas suelen ser en su mayoría completas, presentando lesiones asociadas, y desarrollan al menos una complicación clínica durante la estadía hospitalaria<sup>(2)</sup>.

En Estados Unidos la incidencia de la lesión medular aguda es de aproximadamente de 12,000 casos nuevos por año. Sin embargo, la incidencia a nivel mundial, se estima que sea inferior a esta y considerada variable, por ejemplo en Nueva Zelanda va desde 49,1 por millón de habitantes a 10,0 por millón en Fiji, en España de 8,0 por millón de habitantes y en Brasil tiene una variabilidad de 16 y 26 por millón. Por otro lado, la prevalencia en Estados Unidos tiene la tasa más alta con 906 por millón de habitantes y en Francia se encuentran índices más bajos hasta 250 por millón de habitantes<sup>(4)</sup>. Representa 30 a 40 ingresos hospitalarios/millón de habitantes en EEUU,

incidencia Traumática 11.5/millón habitantes al año. En España presenta una prevalencia de 25-30000 Lesionados Medulares<sup>(1)(2)(4)</sup>.

En México, se reporta una tasa de incidencia de 18.1 casos nuevos por millón de habitantes al año. Pero también se puede considerar subestimada, ya que hasta 20 nuevos casos por millón de habitantes por año son pacientes que no sobreviven después del accidente y sin contar algunos otros casos que no se reportan en la estadística del sistema de salud, es decir, el 50% de los casos, ajustando la incidencia similar a los demás países<sup>(3)</sup>. La Edad más afectada se encuentra en menores de 36 años, personas principalmente activas en su mayoría por accidentes de tráfico, en segundo lugar se encuentra las caídas en personas mayores de 60 años de edad. Su relación de hombre/mujer es de 3.6/1 y el nivel más frecuentemente afectado es en la región cervical<sup>(2)(4)</sup>.

Las lesiones medulares en pacientes pediátricos esta afectación es muy poco frecuente, con una tasa de incidencia menor que la reportada co la etapa adulta joven, se considera una frecuencia entre el 2 y el 10 % de todos los pacientes con lesión medular, pero comparados con los adultos, los pediátricos alcanzan una tasa de mortalidad que puede llegar hasta el doble, alcanzando cifras que van del 25 y al 32%. El género masculino y los pacientes en la etapa de la adolescencia son los que se verán más afectados y en la mayoría de los que sobreviven van a necesitar de una ventilación mecánica. Esta patología de lesión medular adquiere gran relevancia por las graves secuelas que ocasiona, las prolongadas estancias hospitalarias que favorecen diversas complicaciones en los supervivientes y además de ocasionar un gran impacto negativo a nivel psico-emocional, social y económico<sup>(5)</sup>.

### **Fisiopatología:**

La médula espinal se encuentra situada en el interior del canal medular formado por las vertebrae de la columna vertebral, iniciando desde la base del cráneo y suele terminar a nivel del disco intervertebral L1-L2 considerado como cono medular, en algunas variaciones anatómicas suele terminar a nivel de T12 o hasta L3. La colección

de raíces lumbares y sacras largas presentes en el canal distal al cono medular se llama cola de caballo por su parecido con esta estructura<sup>(22)</sup>.

La médula espinal revela una región central con forma de mariposa de sustancia gris, que alberga los cuerpos de las neuronas, sus prolongaciones, células gliales de soporte y pequeños vasos alrededor de una sustancia blanca, que contiene los tractos de fibras neuronales y las células gliales de soporte. La sustancia gris se subdivide en dos astas a cada lado, llamadas astas anterior (ventral) y posterior (dorsal). El asta posterior contiene los cuerpos celulares de las neuronas sensitivas y el anterior alberga los cuerpos neuronales de las interneuronas y las motoneuronas<sup>(22)</sup>.

La sustancia blanca se subdivide en tres columnas a cada lado, que se denominan columnas anterior, lateral y posterior. Las columnas se subdividen en tractos. El tracto grácil, localizado en la columna posteromedial, alberga fibras de los dermatomas T7-S5, que transmiten la sensación de tacto, vibración y posición. El tracto cuneiforme, localizado en la columna posterolateral rostral a T6, contiene fibras de los dermatomas por encima de T7 y transmiten también el tacto, la vibración y la posición. Estos tractos, que conforman las columnas posteriores, ascienden ipsilateralmente hacia el bulbo raquídeo. El tracto espinotalámico lateral, que se localiza en la periferia de la columna lateral, contiene fibras que transmiten el dolor y la temperatura; este tracto asciende contralateral hacia el tálamo. El tracto corticoespinal lateral es central y posterior en la columna lateral, lleva fibras, en su mayor parte originadas en la corteza motora y que son responsables de los movimientos voluntarios y reflejos<sup>(22)</sup>.

. Las lesiones de distintas partes de la médula espinal determinan el daño de distintos tractos y, en consecuencia, debutan con grados variables de debilidad o pérdida sensitiva<sup>(22)</sup>.

La fisiopatología de la lesión medular abarca un transcurso de daño primario y otro de daño secundario. El comienzo del daño primario incluye el trauma mecánico inicial causado por la fuerza directa que recibe, debido al desplazamiento observado del esqueleto de la columna vertebral, esto ocasiona una interrupción brusca en la transmisión nerviosa de la medula espinal lesiones axonales, circulatorias, y muerte

celular inmediata<sup>(6)(7)</sup>. El proceso de daño secundario empieza con alteraciones progresivas vasculares debido al traumatismo inicial, que conduce a edema e isquemia, acompañado de una descarga de radicales libres, disfunción de la regulación iónica del calcio, con exotoxicidad como consecuencia<sup>(6)(9)</sup>.

En el mecanismo de deterioro secundario hay distintos estadios en el que varios de estos cambios se llevan a cabo. Una consideración notable es que cada trauma tiene una causa y mecanismo único, por lo que su evolución y variación son diferentes y dependen de ellas<sup>(9)</sup>.

El curso inicial del mecanismo de daño secundario es la etapa inmediata, que sucede entre las 0 y 2 horas desde el accidente traumático. Se distingue por una irritación y hemorragia generalizada de la sustancia gris central. La segunda, es la etapa aguda, que ocurre entre las 2 y 48 horas después de la causa traumática, esta etapa se diferencia por un desorden en la inestabilidad iónica, excitotoxicidad, lesión mediada por descarga de radicales libres ocasionando una alteración enzimática y destrucción de las membranas, incremento de la permeabilidad de la barrera hemato-medular (BHM) secundario a mediadores de la inflamación que exageran la respuesta celular inmune, un flujo iónico no controlado es dañino para la función y sobrevivencia celular ya que la permeabilidad de la superficie celular se encuentra expuesta a la activación de las proteasas. El incremento del potasio extracelular origina una despolarización incrementada en las neuronas, lo que altera la conducción nerviosa ocasionando un factor determinante en el choque medular<sup>(7)(9)</sup>.

La tercera etapa o también denominada como fase subaguda (se lleva a cabo de los 2 días a las 2 semanas), en este estadio la actividad fagocitaria se incrementa buscando eliminar el tejido desbridado del sitio de la lesión, la generación en algún grado del crecimiento axonal. También comienza una respuesta astrocitaria tardía en la cual, se encuentra un aumento en las células astrocitocitarias localizadas alrededor de la lesión, generando un entrelazado proteico que va a crear la cicatriz glial. Esta cicatriz representa una barrera tanto física como química para la reconstrucción axonal. Sin embargo, la respuesta astrocitaria tardía impulsa el restablecimiento del equilibrio iónico y de la integridad de la BHM<sup>(7)(10)</sup>.

La cuarta etapa: constituye la fase Intermedia (que va de 2 semanas a 6 meses), se distingue por el desarrollo de la maduración de la cicatriz glial y el incremento axonal regenerativo, aunque estas intensiones son deficientes para lograr una recuperación funcional significativa, principalmente en lesiones graves<sup>(7)(10)</sup>.

La quinta etapa: se denomina Fase Crónica (porque se lleva a cabo en un periodo igual o mayor a 6 meses), en esta etapa ocurre la maduración y estabilización de la lesión. Seguido de la formación de la cicatriz glial e inicia la degeneración Walleriana de los axones gravemente lesionados (proceso que puede demorar años). Se determina que a los 2 años de la lesión medular está ya se encuentra completamente madura<sup>(7)(10)</sup>.

Además existe el conocido Choque Espinal (CE). Este se define como el daño completo de la función motora y sensitiva por debajo del ras de la lesión, acompañada de la disfunción de los reflejos tendinosos profundos y esfinterianos. Clásicamente, la desaparición del reflejo esfinteriano se ocupa como signo de la presencia de CE, el que limita efectuar pronósticos neurológicos. De lo contrario, el restablecimiento del reflejo es indicativo de que el choque ha finalizado. En esta circunstancia, la continuación de la pérdida de función motora y sensitiva indica que nos encontramos con una lesión medular completa. En la actualidad existe un guía que explica el CE en cuatro fases.

La etapa inicial se caracteriza por arreflexia/hiporreflexia y que se lleva dentro de las primeras 24 horas después del traumatismo y se determina por la desaparición de los reflejos tendinosos profundos y cutáneos, como efecto de la pérdida de excitabilidad supraespinal. En la segunda fase, se lleva a cabo el inicio del retorno reflejo que se presenta entre el primer y tercer día después a la lesión, con una restauración inicial de los reflejos cutáneos (ej. bulbo-cavernoso) resultado de la sensibilización por denervación a la par con el ordenamiento de los receptores de N-metil-D-aspartato (NMDA). En la tercera fase encontramos hiperreflexia temprana, que puede seguir hasta un mes después de la lesión, constatándose por la presencia de hiperreflexia juntamente al resurgimiento de los reflejos tendinosos profundos los cuales se deben a un crecimiento de las sinapsis axonales. Ya en la cuarta y concluyente etapa se presenta hiperreflexia tardía, llevándose a cabo entre el primer mes y el año post-lesión,

resaltando la espasticidad y hiperreflexia de los reflejos tendinosos profundos y cutáneos. Durante esta etapa, el incremento de las sinapsis continúa siendo por los mecanismos somáticos<sup>(7)(8)</sup>.

## **Clasificación de la Lesión medular según la American Spinal Injury Association (ASIA)**

### **Evaluación Neurológica:**

Una vez estabilizado al paciente, se deberá efectuar un examen neurológico más detallado, el cual se considera un punto clave para determinar decisiones terapéuticas. Es un paso fundamental donde se precisa la gravedad del traumatismo espinal y la situación neurológica basal del paciente<sup>(8)</sup>.

El instrumento más utilizado y recomendado en la actualidad (International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI)<sup>(22)</sup> (Anexo 1), con ella se determinan los niveles sensitivos y motores para el lado derecho e izquierdo del cuerpo con una evaluación sistemática de todos los dermatomas y miotomas de las extremidades (Anexo 3, 4 y 5). También se determina la presencia o desaparición de la preservación sacra, que se relaciona con la manifestación de alguna función sensitiva o motora a niveles sacros inferiores S4 y S5. Esto incluye la presión anal profunda (PAP), la sensibilidad (tacto superficial [TS] y pinchazo [PP]) en la unión mucocutánea anal o una contracción anal voluntaria (CAV) del esfínter anal externo<sup>(8)(22)</sup>.

Esta examen inicial permite conocer el nivel de la lesión medular, que se relaciona con el fragmento más distal de la médula espinal con una sensibilidad preservada y eficacia muscular apta para superar la fuerza de gravedad<sup>(8)(22)</sup>.

La utilización idónea de este instrumento de valoración es fundamental para estandarizar el examen neurológico inicial, así como para la vigilancia y pronóstico del compromiso neurológico. El motivo principal de esta herramienta es clasificar si trabajamos frente a un compromiso medular completo o incompleto<sup>(8)</sup>.

La escala ASIA<sup>(22)</sup>. Diferencia una lesión medular completa (ASIA grado A), de una lesión de médula espinal incompleta (ASIA grado B, C, D y E). (Anexo 2). La

diversidad entre una lesión de médula espinal completa y una lesión medular incompleta es la presencia o desaparición de preservación sacra. Por otro lado, la lesión medular incompleta más grave de la médula se considera ASIA B, exige la preservación de alguna función sensitiva pero nula función motora a nivel de los segmentos sacros más bajos S4-S5<sup>(8)(22)</sup>.

Para entender algunas palabras que se utilizarán en esta investigación, se definen los siguientes conceptos básicos<sup>(11)</sup>

**Tetraplejia:** Deterioro o pérdida de la función motora y/o sensitiva en los segmentos cervicales de la médula espinal debido al daño de los elementos neurales dentro del canal de la columna vertebral incluidas las cuatro extremidades. No incluye a las lesiones del plexo braquial o lesiones periféricas nervios fuera del canal neural<sup>(11)(22)</sup>.

**Paraplejia:** Deterioro o pérdida de función motora y/o sensorial en el tórax, lumbar o segmentos sacros (pero no cervicales) de la médula espinal, secundario al daño de elementos neuronales dentro del conducto vertebral; referirse a la cola de caballo y el cono medular pero no a lesiones del plexo lumbosacro a nervios periféricos fuera del canal neural<sup>(11)(22)</sup>.

**Dermatoma:** Área de la piel inervada por los axones sensitivos de cada nervio segmentario (raíz)<sup>(11)</sup>.

**Miotoma:** Músculo inervado por los axones motores de cada nervio segmentario (raíz)<sup>(11)</sup>.

**Nivel Neurológico:** Nivel espinal más distal con las funciones sensitivas y motoras intactas de forma bilateral<sup>(11)</sup>.

**Nivel Motor:** Grupo Muscular clave más distal con examen manual muscular 3/5, estando músculos de segmentos superiores en niveles 5/5<sup>(11)</sup>. En la escala de fuerza muscular de Daniels.

**Nivel Sensitivo:** Dermatoma más distal con sensibilidad algésica y táctil ligera normales en ambos lados del cuerpo<sup>(11)</sup>.

**Lesión medular completa:** Ausencia de función motora y sensitiva en los segmentos sacros inferiores (S4-S5)<sup>(11)</sup>.

**Lesión medular incompleta:** Preservación de la función motora y/o sensitiva por debajo del nivel neurológico incluyendo los segmentos sacros S4-S5<sup>(11)</sup>.

**La Zona de Preservación Parcial:** Se refiere a los dermatomas y miotomas caudales al nivel neurológico que permanecen parcialmente inervados. La ZPP motora ahora se registra en todos los casos incluyendo pacientes con lesiones incompletas con ausencia de contracción anal voluntaria<sup>(11)(22)</sup>.

La lesión medular traumática (LMT) es una cuestión neurológica catastrófica cuyo tratamiento requiere de capitales sanitarios importantes, el cual es necesario llevar una acción coordinada y multidisciplinaria con diferentes servicios especializados, esto no incluye solo el manejo específico de la fase aguda, sino también para las complicaciones que se desarrollan en un largo plazo<sup>(11)</sup>.

La lesión medular espinal (LME) en los segmentos cervicales o torácicos perjudica a los nervios espinales que inervan los músculos encargados de la respiración. Las lesiones que se encuentran por arriba de C5 ocasionan parálisis del músculo diafragmático, los músculos intercostales y abdominales, por lo que si no se otorga un buen sostén respiratorio son imposibles para conservar la vida, precisando una intubación en prácticamente el 100% de los casos. El requerir de un soporte respiratorio en la fase aguda del lesionado medular expone una incidencia variable. Los dos puntos más importantes para pronosticar el requerimiento de intubación son el nivel de la lesión y la gravedad valorada por la clasificación ASIA<sup>(12)(20)</sup>.

Existen tres estrategias de Neuroprotección: dos médicas y una quirúrgica, que se han usado tradicionalmente en el tratamiento de la lesión medular traumática, estas son: administración de metilprednisolona, monitoreo y corrección de la presión arterial media y la descompresión quirúrgica de la medula espinal<sup>(13)</sup>.

Las enfermedades del sistema respiratorio, principalmente la neumonía se considera la principal causa de muerte en los primeros años después de sufrir una

lesión medular, seguida de patologías cardíacas. En forma descendente se continúan con las patologías infecciosas asociadas a úlceras por presión e infecciones urinarias<sup>(2)(17)(21)</sup>.

La neumonía es una infección aguda del parénquima pulmonar, diagnosticada por la presencia de síntomas y ya sea un infiltrado en la radiografía de tórax o hallazgos del examen que indican consolidación. La categoría epidemiológica más común y más ampliamente estudiada de neumonía es denominada neumonía adquirida en la comunidad (NAC). En la NAC el agente patógeno más común, así como para los casos fatales, es *Streptococcus pneumoniae* (neumococo). Otros patógenos comunes incluyen *Hemophilus influenzae*, Neumonía por *Mycoplasma* y *Chlamydia pneumoniae*. Algunos factores de riesgo para NAC incluyen edad joven o avanzada, comorbilidades médicas incluyendo enfermedad pulmonar crónica, tabaquismo, inmunosupresión y alcoholismo<sup>(20)</sup>.

La neumonía ocurre en el 50% de los pacientes con tetraplejía durante la hospitalización aguda. Los trastornos respiratorios representan el 28% de las muertes en el primer año después de la lesión y el 22% de las muertes en años posteriores. En pacientes que sobreviven al menos 24 horas después de la lesión, la neumonía o la influenza causan el 16,5% de todas las muertes. Personas con tetraplejía completa mueren de neumonía a una tasa de 150 veces mayor que una población sin LME. Los problemas respiratorios son la principal causa de rehospitalización durante los primeros 6 años después de la LME<sup>(20)(21)</sup>.

## **B. SISTEMA RESPIRATORIO**

Las complicaciones pulmonares, incluidas las atelectasias, la neumonía, la insuficiencia respiratoria, las complicaciones pleurales y la tromboembolia pulmonar, son las principales causas de muerte en personas con LM durante todos los años posteriores a la LM. La incidencia de insuficiencia respiratoria tras la tetraplejía aguda es muy alta, llegando al 74% y hasta el 95% en los pacientes con lesiones por encima de C5 y estado ASIA A que necesitan ventilación mecánica al menos de forma temporal<sup>(17)(22)</sup>.

## **Mecánica Ventilatoria**

El diafragma, se considera músculo de la inspiración más importante, ya que obtiene su inervación del tercer, cuarto y quinto segmentos espinales cervicales y colabora con el 70% del volumen corriente inhalado (VCI). En una inspiración a volumen tidal, el diafragma desciende en contracción mientras que los músculos intercostales externos trabajan sinérgicamente para expandir la caja torácica. Durante la disnea, los músculos inspiratorios accesorios (el esternocleidomastoideo 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. Si bien la fase espiratoria es pasiva, la espiración forzada y la tos si requieren el reclutamiento de los músculos recto abdominal inervado torácicamente, los intercostales internos y los oblicuos externos e internos<sup>(12)</sup>.

Cuando se afectan de los músculos abdominales se compromete la espiración activa lo que repercute directamente en la calidad de la tos y el volumen de reserva espiratorio estas condiciones pueden llegar a niveles cercanos al cero. Los procesos patológicos como la Neumonía adquirida en la comunidad en estos pacientes a menudo predispone a una disfunción en la relación ventilación/perfusión (V/Q) y alto riesgo de desarrollar atelectasias<sup>(14)(15)</sup>.

## **Inervación muscular torácica y pulmonar**

El diafragma, inervado por las células del asta anterior de los segmentos C3-C5, es el principal músculo inspiratorio (fig. 49.16) (Anexo 6). Los músculos esternocleidomastoideo y trapecio, inervados por el nervio accesorio espinal y las raíces C2-C4 y C1-C4, respectivamente, son músculos accesorios para la inspiración<sup>(22)</sup>. Generalmente, durante el ciclo respiratorio, la espiración es un proceso pasivo, aunque el reclutamiento de los músculos son esenciales para la generación de fuerza durante los procesos activos, como la tos o ejercicio. Los principales músculos de la espiración son los intercostales internos, el recto abdominal anterior, oblicuos internos y externos, pectoral mayor y el dorsal ancho<sup>(15)(25)(28)</sup>.

Los pulmones reciben doble inervación vegetativa dado por el SNA (sistema nervioso autónomo) controlando muchos aspectos de la función respiratoria, abarcando el ordenamiento del tono de la musculatura lisa de la vía respiratoria, la segregación de moco de las glándulas submucosas, las células epiteliales, la permeabilidad vascular y el flujo sanguíneo<sup>(16)</sup>.

El SNA está constituido a su vez por el sistema nervioso simpático (los ganglios torácicos simpáticos 4º y 5º), cuyo neurotransmisor esencial es la noradrenalina, y el sistema nervioso parasimpático (Nervio Vago), el cual dispone como neurotransmisor primordial la acetilcolina, por eso también se puede nombrar sistema colinérgico. En las vías respiratorias, la inervación colinérgica se ha demostrado que llega hasta los bronquiolos terminales<sup>(21)(22)</sup>.

El aporte nervioso simpático a los pulmones está menos caracterizado y desarrollado que el sistema parasimpático, la inervación simpática (adrenérgica) de las vías aéreas es muy escasa y cuyo mecanismo de acción es la broncodilatación junto con la disminución en la secreción de moco, la vía parasimpática (colinérgica) la cual predomina en este caso, inerva al músculo liso que es el principal músculo constrictor de las vías aéreas y además a las glándulas submucosas, encargadas de la secreción de moco<sup>(16)</sup>. Al no existir un mecanismo inhibitorio del sistema nervioso simpático (adrenérgico) en lesionados medulares, las vías respiratorias provocan broncoconstricción e hipersecreción de moco predisponiendo a infecciones pulmonares<sup>(21)(22)</sup>.

## **Mecánica de la Tos**

La reología del moco, es el estudio de cómo se mueven los fluidos (moco) y de la deformación que experimentan al fluir, por medio de su viscosidad y elasticidad<sup>(34)</sup>.

La tos es un reflejo innato de defensa de la vía respiratoria que cumple con dos funciones principales: conservar las vías respiratorias limpias de partículas extrañas y expulsar la alta cantidad de secreciones originadas en condiciones reológicas anormales<sup>(34)</sup>. Si bien la tos se define como un reflejo de protección, puede ser provada de forma voluntaria por el paciente o asistida por un profesional conformando una

herramienta fundamental dentro del arsenal terapéutico aplicada a preservar una adecuada higiene bronquial<sup>(24)</sup>.

Se detallan tres fases en la práctica de la tos: la primera es la fase inspiratoria, que procede en inspirar la mayor cantidad de volumen de aire posible; la segunda fase llamada compresiva, que se refiere a la oclusión de la glotis y la presurización del sistema respiratorio sustancialmente por la contracción de la musculatura abdominal; por último, la tercera fase denominada expulsiva, donde se realiza una expulsión brusca del volumen de aire al mayor flujo posible<sup>(24)</sup>.

La debilidad de la tos y el empobrecimiento de remover secreciones es una peculiaridad común a estas enfermedades y es responsable de la mayor prevalencia de morbi-mortalidad respiratoria<sup>(24)</sup>.

### **Fisiopatología Respiratoria en Lesión Medular**

En pacientes con lesión medular se ve afectado el sistema nervioso simpático en mayor grado (cuando se afectan niveles por arriba de T4) predominando el sistema nervioso parasimpático produciendo una obstrucción reversible debido a la hiperreactividad bronquial, contracción del músculo liso y la hipersecreción bronquial mediada parasimpáticamente. Si está presente, una cánula de traqueostomía contribuye aún más a la formación de secreciones. La combinación de una restricción pulmonar, tos ineficaz, broncoconstricción e hipersecreción de moco son factores de riesgo para atelectasia, además una deficiente eliminación de secreciones, favorece la colonización bacteriana del parénquima pulmonar e infecciones pulmonares, y llevando a insuficiencia respiratoria crónica hipoxémica y/o hipercápnica<sup>(17)(18)(28)(29)</sup>.

En lesiones medulares cervicales altas incompletas (C2-C4) o inferiores (C5-T5) puede ser posible la ventilación espontánea. Sin embargo, la función respiratoria está primordialmente involucrada y el fallo en la ventilación puede ocurrir por fatiga<sup>(12)(15)</sup>.

El compromiso respiratoria en el paciente con LM aguda se asocia con 3 factores: debilidad de la fuerza muscular, contención de las secreciones y trastorno autonómico<sup>(12)</sup>.

Los niveles medulares superiores y la afectación de la lesión se asocian con el grado de alteración ventilatoria y el peligro de complicaciones. La reducción ventilatoria después de LME se distingue por un descenso de la capacidad vital forzada (CVF), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), capacidad inspiratoria y capacidad pulmonar total (CPT) pero incremento del volumen residual. 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<sup>(14)(19)(20)</sup>.

El grado de afectación diafragmática determina la capacidad de destetar del soporte ventilatorio, pero esto varía incluso con cada nivel de LME<sup>(12)(14)</sup>.

Los pacientes con un compromiso neurológico en C2 o por encima, que cuentan con una LM completa no tienen conservada la función diafragmática y requieren de una ventilación mecánica o un marcapasos diafragmático o frénico. Los pacientes con una LM en C3 ASIA A o B tienen una debilidad diafragmática importante y a menudo necesitan ventilación mecánica, al menos temporalmente. Las personas con una LM en C4 ASIA A o B suelen tener también debilidad diafragmática grave y también pueden precisar ventilación mecánica al menos temporal. Los pacientes con una LM en C5-C8 ASIA A o B suelen ser capaces de mantener una respiración independiente, pero como tienen perdida la inervación de los músculos intercostales y abdominales, siguen teniendo un alto riesgo de complicaciones pulmonares. También presentan riesgo de complicaciones pulmonares los pacientes con una LM ASIA A o B a nivel torácico, aunque en menor grado dependiendo de la extensión segmentaria de la pérdida de inervación<sup>(14)(15)(22)</sup>.

El perfil de la función pulmonar en las personas con tetraplejía crónica y paraplejía alta indica volúmenes pulmonares reducidos y una menor distensibilidad (*Compliance o distensibilidad: es la capacidad que tienen los pulmones para expandirse a medida que entra el aire y aumenta la presión en ellos durante la inspiración*) de la pared torácica baja como consecuencia de la restricción secundaria a la debilidad de los músculos respiratorios y la hiperreactividad de la vía aérea. De forma específica, los estudios espirométricos y de volumen pulmonar en los pacientes con tetraplejía y

niveles altos de paraplejía muestran una reducción de la CV, la capacidad pulmonar total (CPT), el volumen de reserva espiratorio (VRE) y la capacidad inspiratoria (CI), con un aumento del volumen residual (VR) y poco o nulo cambio en la capacidad residual funcional (CRF)<sup>(15)(17)(22)</sup>.

### **Manejo agudo de la vía aérea**

Los pacientes con lesión medular deben ser estabilizados y monitoreados en una unidad de cuidados intensivos (UCI) durante los primeros 7 a 14 días, durante los cuales los pacientes son particularmente susceptibles a lesiones secundarias. El manejo de la vía aérea en pacientes con sospecha de lesión medular aguda es especialmente desafiante. Mantener la inmovilidad de la columna en pacientes con una columna cervical inestable y durante los procedimientos es estrictamente cuidadoso de realizar para prevenir lesiones mecánicas, pero esta inmovilización hace que la intubación traqueal sea potencialmente más difícil al limitar el rango de movimiento de la cabeza, el cuello y la faringe. Intubación de secuencia rápida con la inmovilización espinal en línea es el método preferido de intubación cuando se requiere urgentemente una vía aérea. Uso de laringoscopios de fibra óptica se asocia con un aumento del movimiento de la columna cervical en comparación con la intubación broncoscópica con fibra óptica. La intubación con fibra óptica en el paciente despierto con anestesia local es preferida, ya que ofrece visualización directa sin ningún movimiento de la columna cervical<sup>(23)</sup>.

### **Mediciones de la función pulmonar:**

La Espirometría, es una prueba que se realiza para evaluar las características mecánicas de la respiración; impulsando precozmente un diagnóstico y seguimiento de las enfermedades respiratorias. Establece el valor máximo de volumen de aire que puede ser exhalada desde una inspiración máxima. Los valores primordiales fisiológicos que se reclutan con la espirometría son la capacidad vital forzada (CVF) y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1); juntando estos dos parámetros se determina el cociente VEF1/CVF. CVF: Es el grado máximo de volumen de aire que puede exhalar una persona de forma forzada desde una inspiración máxima. VEF1: Es

el flujo máximo volumen de aire que una persona puede exhalar en el primer segundo de toda la CVF. La relación VEF1/CVF es la fracción (o porcentaje) de la CVF que es espirada en el primer segundo de la maniobra. Por ejemplo, una relación VEF1/CVF de 0.8 determina que el 80% de la CVF se expulsó en el primer segundo. Dicha prueba es diagnóstica de patología obstructiva de la vía aérea, pero también aporta datos sugerentes de restricción pulmonar. Así mismo, es posible clasificar la gravedad y la respuesta al broncodilatador. (Anexo 7)<sup>(27)</sup>.

Pico flujo de tos (PFT): es el parámetro que mejor determina la capacidad para eliminar secreciones respiratorias durante la tos<sup>(35)</sup>. La estimación de la tos se efectúa a través del (PFT) con el uso de un flujómetro portátil, instrumento mecánico empleado fácilmente para establecer el flujo espiratorio máximo (FEM), o un neumotacómetro, aparato electrónico manejado habitualmente en la realización de espirometrías<sup>(24)</sup>.

El PFT mínimo eficaz para movilizar secreciones en vías respiratorias ha de ser  $\geq 2,7$  L/s (160 L/min)<sup>(35)</sup>. Valores de flujo espiratorio obtenidos inferiores a 160 L/min, se consideran ineficaces para la eliminación de secreciones. En tanto, valores  $\leq 4,5$  L/s (270 L/min), cuentan un alto riesgo en el desarrollo de complicaciones respiratorias<sup>(24)(34)</sup>. Mientras el volumen de flujo comprendido dentro de valores normales oscilan entre 6 y 20 L/s (360 a 1200 L/min)<sup>(24)</sup>.

La función de los músculos ventilatorios es de gran importancia en el mantenimiento de los volúmenes respiratorios, ya que éstos intervienen en la mecánica ventilatoria y facilitan el intercambio gaseoso de manera secundaria, su desempeño depende de la capacidad de contracción; una de las técnicas que permite determinar la función ventilatoria, consiste en la evaluación de la fuerza de los músculos respiratorios mediante las mediciones de: Presión Inspiratoria Máxima (PIM) y Presión Espiratoria Máxima (PEM). La presión inspiratoria máxima (PIM) se obtiene al ejecutar una inspiración máxima, desde el volumen de reserva espiratorio, con el cual se examinan todos los músculos inspiratorios; mientras que la Presión Espiratoria Máxima (PEM) es la fuerza provocada durante la espiración máxima desde la capacidad pulmonar total estableciendo la fuerza de los músculos abdominales e intercostales<sup>(26)(36)</sup>.

Considerando valores normales: para P<sub>Im</sub> Hombres:  $\geq 75$  cmH<sub>2</sub>O, Mujeres:  $\geq 50$  cmH<sub>2</sub>O; y P<sub>Em</sub> Hombres:  $\geq 100$  cmH<sub>2</sub>O, Mujeres:  $\geq 80$  cmH<sub>2</sub>O<sup>(36)</sup>.

Para efectuar el cálculo del PIM, se les indica a la persona que exhale suave y totalmente el aire de los pulmones para así llegar hasta el volumen residual, y después inhale tan hondo y rápido como le sea factible; para cuantificar el PEM se le solicita a la persona que inhale profundo y completamente con la finalidad de llegar a la capacidad pulmonar total y que después exhale tan fuerte, profundo y rápido como le sea posible, se deben llevar a cabo tres intentos, con un reposo entre cada uno de 60 segundos, escogiendo el dato de mayor valor<sup>(26)</sup>.

La indicación primordial para efectuar la medición de las presiones máximas, son todas aquellas patologías que en algún momento de su progreso, cursan con debilidad de los músculos respiratorios. Mientras que las principales contraindicaciones se enumeran en el Anexo 8<sup>(36)</sup>.

Será necesario monitorizar estrechamente la función respiratoria. Se determinará con el uso de la espirometría, con la medición de la capacidad vital, el pico flujo de tos, la presión espiratoria máxima y la presión inspiratoria máxima. Son principios de fracaso respiratorio: capacidad vital  $< 15$  mL/kg, presión inspiratoria máxima menor a  $-20$  cmH<sub>2</sub>O<sup>(12)</sup>.

## **Entrenamiento físico**

El entrenamiento muscular respiratorio (EMR) a través de dispositivos de resistencia comparte los mismos principios que el entrenamiento muscular periférico, con el objetivo de aumentar la fuerza y la resistencia. Esta es una modalidad de entrenamiento segura y relativamente económica. Los estudios de EMR en tetraplejía demostraron que se usa de forma segura en la LME aguda observando una mejoría en los músculos respiratorios, aumenta la CV, la fuerza (presiones inspiratorias y espiratorias máximas) y la resistencia durante el período de entrenamiento<sup>(14)(29)</sup>. Se ha demostrado que el entrenamiento de resistencia inspiratoria y el ejercicio aeróbico a alto nivel (70-80% de la frecuencia cardíaca máxima) en personas con tetraplejía mejora la fuerza y la resistencia de un diafragma debilitado y también mejora la función

pulmonar<sup>(22)(30)</sup>. La fisioterapia respiratoria en tetraplégicos bajos (no ventilador dependiente) consiste principalmente en técnicas de higiene bronquial, entrenamiento del diafragma, entrenamiento de brazos, entrenamiento/relajación del pectoral<sup>(28)</sup>.

El ejercicio de los músculos inspiratorios se inicia regularmente con baja intensidad alrededor del 30% de la Presión Inspiratoria Máxima, y se va aumentando progresivamente hasta obtener a un 60 o 70% de la Presión Inspiratoria Máxima<sup>(26)</sup>.

No se identificó ningún efecto contraproducente al entrenar los músculos respiratorios en los pacientes con lesión de la médula espinal cervical<sup>(30)</sup>.

### **Rehabilitación Pulmonar**

Hoy en día, según la Sociedad Americana de Tórax (ATS) la fisioterapia pulmonar por medio de técnicas de permeabilización de las vías respiratorias se integran en la parte del factor educativo en el programa de rehabilitación respiratoria<sup>(28)</sup>.

Los pacientes sin apoyo ventilatorio se beneficiarán de la aspiración estándar, fisioterapia pulmonar y los ejercicios de ventilación dirigida para expandir los alvéolos y evitar la acumulación de secreciones; además, la tos manual asistida a músculos abdominales y las técnicas mecánicas de insuflación-exsuflación también mejoran el aclaramiento de secreciones<sup>(23)</sup>.

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<sup>(14)</sup>.

La tos asistida manualmente (TAM o tos del cuadripléjico) requiere asistencia, pero puede aumentar el flujo máximo de tos (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<sup>(14)</sup>.

La insuflación-exsuflación mecánica (IEM) mediante una máquina de tos, es una terapia 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 y mejora la distensibilidad pulmonar<sup>(14)</sup>.

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 modificar la reología del moco y provocar una mejor expectoración. La higiene bronquial asociada a cambios de postura con o sin terapia de percusión, a menudo genera movilización de secreciones<sup>(14)</sup>.

Se ha demostrado que las maniobras son más efectivas que la aspiración estándar en el aclaramiento de secreciones. Además, algunas terapias emergentes que incluyen entrenamiento resistivo de los músculos inspiratorios han demostrado mejoras en los resultados pulmonares en pacientes con LME cervical<sup>(23)</sup>.

El tratamiento preventivo es el uso de fajas abdominales para ceñir el abdomen y mantener la curvatura natural y la cúpula del diafragma por el contenido abdominal, mejorando el CV y disminuyendo la capacidad residual funcional<sup>(14)(23)(25)</sup>.

La respiración glossofaríngea (RGF) es una técnica en donde se contiene la respiración para mejorar la tos y mantener la ventilación. 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) 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<sup>(14)</sup>.

No hay que subestimar la prevalencia de las trombo-embolias pulmonares (2,7%) en esta población. Su prevención requiere la instauración de una anticoagulación profiláctica y la utilización de medias de contención<sup>(25)</sup>.

Para reducir las complicaciones respiratorias en pacientes con lesión medular, el inicio temprano de la atención respiratoria con el entrenamiento muscular es esencial<sup>(32)</sup>.

Teniendo en consideración que las enfermedades del sistema respiratorio y sus complicaciones tienen una repercusión sumamente importante en la salud de las personas con LM, su prevención, así como la búsqueda de una mejor función respiratoria, debería ser un objetivo claro en cualquier programa tanto de rehabilitación<sup>(31)</sup>.

En forma general se han observado los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre los mencionados parámetros respiratorios en personas con LM a diferentes niveles<sup>(31)</sup>.

En la mayoría de los pacientes jóvenes después de sufrir una LM, los principales problemas psicopatológicos que se presentan con frecuencia son (depresión, trastorno por estrés postraumático y suicidio) repercutiendo en la calidad de vida de los pacientes. Por lo tanto, es de suma importancia que además de mejorar en su capacidad física y función pulmonar, se encuentre bajo tratamiento psicológico para obtener un adecuado apego terapéutico<sup>(33)</sup>.

### **III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El siguiente trabajo de investigación pretende evaluar cómo se encuentra la función mecánica pulmonar en los pacientes con lesión medular espinal completa que afecta la función respiratoria, en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro el cual es considerado como el único centro del Instituto Mexicano del Seguro Social a nivel nacional que brinda atención médica de rehabilitación en los pacientes con lesión medular. La evaluación se realizará con la realización de espirometría y flujometría analizando los siguientes parámetros: volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), capacidad vital forzada (CVF), el cociente (VEF1/CVF), pico flujo de tos (PFT), presión inspiratoria máxima (PI<sub>máx</sub>), presión espiratoria máxima (PE<sub>máx</sub>). Con la finalidad, de determinar el compromiso pulmonar y en un futuro otorgarles un programa de rehabilitación pulmonar dentro de su manejo integral, mejorando su higiene bronquial y disminuir las tasas de morbi-mortalidad causada por las enfermedades respiratorias que se presentan post-lesión medular.

### **IV JUSTIFICACIÓN**

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 en aproximadamente el 24% de las muertes en pacientes con LME. Sigue siendo una de las principales razones de reingresos hospitalarios en el primer año después de la LME, prolonga los días de estancia hospitalaria e impacta negativamente en la calidad de vida. 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<sup>(6)(14)(15)</sup>.

La disfunción del sistema respiratorio y las complicaciones respiratorias que presentan los pacientes tras sufrir la LME son uno de los efectos más frecuentes y

devastadores. El problema primario de la disfunción respiratoria es una pobre ventilación, lo que provoca secundariamente complicaciones respiratorias, generando hipercapnia (*aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la sangre arterial*) e hipoxemia (*disminución en la presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) en la sangre arterial*)<sup>(14)(21)</sup>.

Esta disfunción respiratoria conduce a presentar complicaciones respiratorias, las cuales pueden estar relacionadas con tres factores:

a) Alteraciones de la capacidad vital: La disfunción de la musculatura respiratoria causa disminución de la fuerza muscular y mayor fatigabilidad, que se traduce en una reducción de la capacidad inspiratoria y un aumento del riesgo de presentar atelectasias.

b) Retención de secreciones bronquiales: Existe un aumento de la producción de secreciones bronquiales y una capacidad tusígena ineficaz.

c) Disfunción autonómica: Aumenta la producción de secreciones bronquiales, pudiendo producirse broncoespasmo y edema pulmonar<sup>(14)(21)</sup>.

## **V PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:**

¿Cómo está la función mecánica pulmonar en los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro?

## **VI HIPÓTESIS GENERAL:**

Hipótesis de investigación Hi: La fuerza de la musculatura respiratoria juega un papel importante en la función mecánica ventilatoria de los pacientes con lesión medular. Por lo tanto, siendo un carácter de análisis, se espera que los pacientes con lesión medular traumática completa presenten valores disminuidos un 20% de la función mecánica pulmonar dependiendo del nivel neurológico.

Hipótesis alternativa Ha: los valores disminuidos en la función mecánica pulmonar pueden estar disminuidas por enfermedades pulmonares.

Hipótesis nula Ho: Los pacientes con lesión medular traumática completa no presentan afectación en la función mecánica pulmonar.

## **VII OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Determinar la función mecánica pulmonar en los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro.

### **Objetivos Específicos:**

Evaluar la función pulmonar por Espirometría en los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro

Medir el pico flujo máximo de tos en los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro

Relacionar la capacidad inspiratoria máxima, la capacidad espiratoria máxima y las características de la lesión en los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro

## **VIII MATERIAL Y MÉTODOS**

### **VIII.1 Diseño**

**Tipo y Enfoque de investigación:** Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal con enfoque cuantitativo.

**Lugar de estudio:** Se realizó en el Servicio de hospitalización de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Centro durante el periodo del primer semestre del 2023.

**Tipo de Muestreo:** Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia con un tamaño de la muestra N=27 pacientes.

**Definición de grupo de estudio:** La población que se estudio fueron los pacientes que se ingresaron al servicio de hospitalización con diagnóstico de lesión medular traumática completa, en etapa subaguda y crónica con afectación de la función mecánica pulmonar durante el periodo comprendido del primer semestre del año 2023.

## **VIII.2 Sitio**

La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro, perteneciente a Unidad Médica de Alta Especialidad de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes” de la Delegación Norte del Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México.

## **VIII.3 Periodo**

Servicio de hospitalización de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Centro durante el periodo del primer semestre del 2023.

## **VIII.4 Material**

### **VIII.4.1 Cálculo del tamaño de la muestra**

#### **Determinación del tamaño de la muestra:**

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

Dónde:

Z= nivel de confianza (correspondiente con la tabla de valores de Z) =1.96

p= Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado =95%

q= Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado = 5%

Nota: cuando no hay indicación de la población que posee o no el atributo, se asume 50% para p y 50% para q

N= Tamaño del universo (se conoce puesto que es finito)= 50

e= Error de estimación máximo aceptado= 5%

n= Tamaño de la muestra (n=29.92 pacientes)

Se consideraron a todos los pacientes que se encuentran hospitalizados durante el tiempo del estudio, abarcando el periodo del primer semestre del año 2023.

#### **VIII.4.2 Criterios de selección**

**Dentro de los criterios de selección se incluyeron los siguientes:**

##### **Criterios de inclusión:**

- Pacientes hospitalizados con lesión medular traumática completa en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro
- Pacientes masculinos y femeninos hospitalizados con lesión medular traumática completa en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro
- Pacientes adultos de 18 años a 59 años de edad con lesión medular traumática completa en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro
- Pacientes con lesión medular traumática completa en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro que deseen participar y firmen consentimiento informado

##### **Criterios de exclusión:**

- Pacientes con lesión medular traumática completa y antecedente de patología pulmonar crónica conocida
- Pacientes con lesión medular traumática completa y proceso infeccioso pulmonar en el último mes.
- Pacientes con lesión medular traumática completa y trastornos psiquiátricos
- Pacientes con lesión medular traumática completa y alteración cognitiva

- Pacientes con lesión medular traumática completa que se rehúsen a participar en el estudio.
- Pacientes con lesión medular traumática completa con traqueostomía y/o dependencia de ventilación mecánica
- Pacientes con lesión medular traumática completa que se encuentren en participación con otros estudios
- Contraindicaciones médicas existentes

**Criterios de eliminación:**

- Paciente en los que por cualquier motivo no se pudo concluir el estudio para mediciones de la capacidad pulmonar.

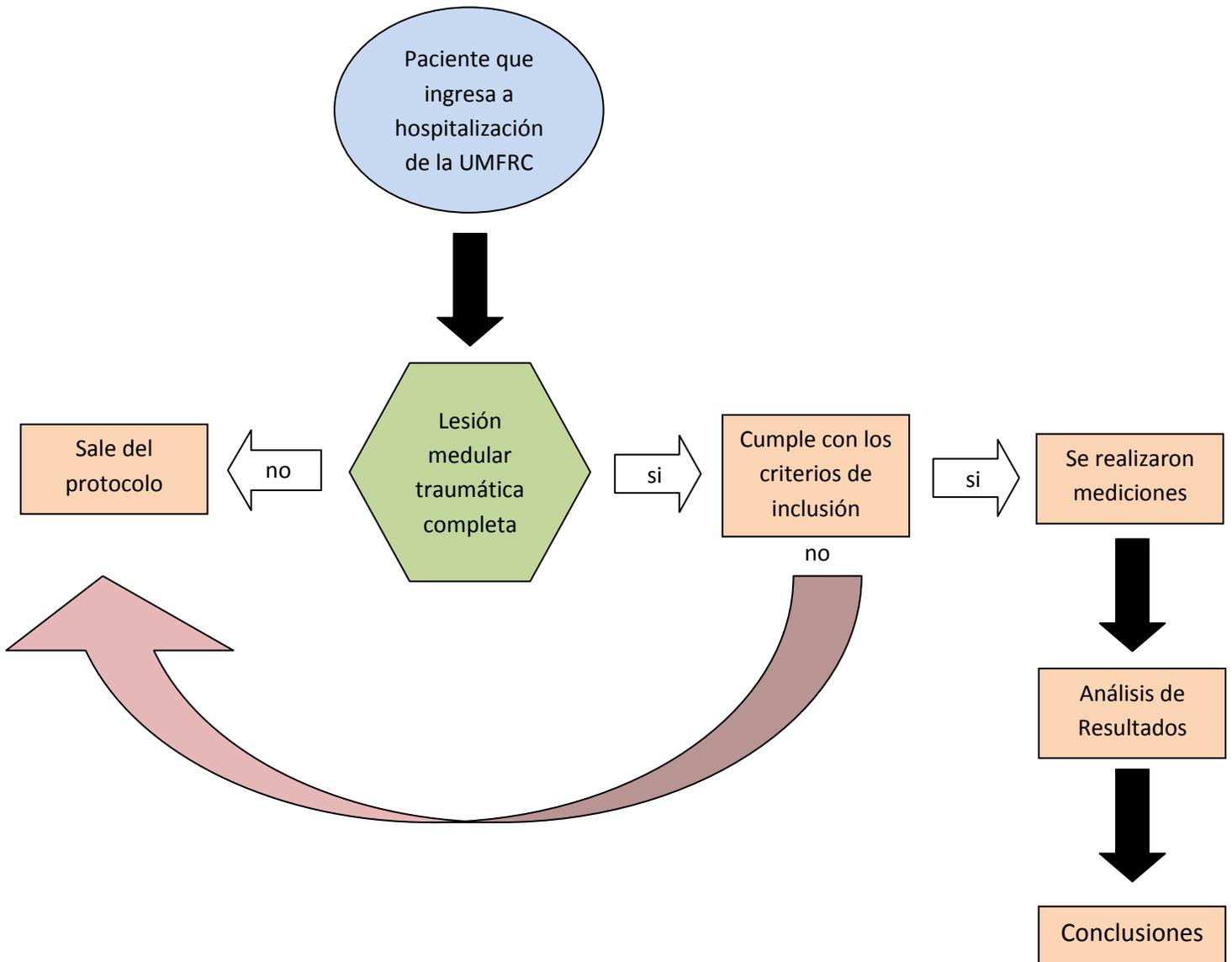
## **IX METODOLOGÍA**

**Metodología de la investigación:**

**Búsqueda sistemática de la información:** Se realizó una búsqueda por medio de Cochrane revisando publicaciones científicas sistematizadas, guías de práctica clínica vigentes, estudios de revisión y análisis retrospectivos. Se realizó un análisis de la terminología empleada en las guías de práctica clínica y artículos científicos para clasificar correctamente a los pacientes de este protocolo de investigación.

**Diseño metodológico:** Se realizó una recolección de los datos de los pacientes que se encontraron en el servicio de hospitalización en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Región Centro durante el periodo del estudio, con el diagnóstico de lesión medular traumática completa con afectación en la función de la mecánica pulmonar.

## IX.1 Modelo Conceptual



## IX.2 Descripción de variables

Tipo de variables:

### Descripción de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable
<b>Variables Dependientes</b>			
Función mecánica pulmonar	Capacidad del paciente para mantener adecuadamente las presiones y volúmenes pulmonares y las fuerzas desarrolladas por la musculatura respiratoria	Relación existente entre los parámetros (CVF/VEF1), Pico flujo de Tos, Presión inspiratoria máxima y Presión espiratoria máxima	Cuantitativa Continua
Capacidad Vital Forzada (CVF)	Es el máximo volumen de aire que puede exhalar un individuo de manera forzada a partir de una inspiración máxima	Es la fuerza que generan los músculos espiratorios para expulsar el aire intrapulmonar	Cuantitativa Continua
Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1)	Es el máximo volumen de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra de CVF	Es el 80% del volumen expulsado durante la maniobra	Cuantitativa Continua
Índice o relación VEF1/CVF	Es la fracción (o porcentaje) de la CVF que es espirada en el primer segundo de la maniobra	Es el parámetro útil para obtener un resultado indicativo de obstrucción y contribuir a un patrón sugerente de restricción	Cuantitativa Continua
Pico Flujo de Tos	Es el parámetro que	Evaluación de la	Cuantitativa

(PFT)	mejor determina la capacidad para eliminar secreciones respiratorias durante la tos	función mecánica de la tos	Continua
Presión Inspiratoria Máxima (PI <sub>máx</sub> )	Es la presión que se genera al realizar una inspiración máxima, desde el volumen de reserva espiratorio, con el cual se evalúan todos los músculos inspiratorios	Valor utilizado para determinar debilidad de los músculos inspiratorios. Valores normales: Hombres: $\geq 75$ cmH <sub>2</sub> O Mujeres: $\geq 50$ cmH <sub>2</sub> O	Cuantitativa Continua
Presión Espiratoria Máxima (PE <sub>máx</sub> )	Es la fuerza producida durante la espiración máxima desde la capacidad pulmonar total determinando la fuerza de los músculos abdominales e intercostales	Valor utilizado para determinar debilidad de los músculos espiratorios. Valores normales: Hombres: $\geq 100$ cmH <sub>2</sub> O Mujeres: $\geq 80$ cmH <sub>2</sub> O	Cuantitativa Continua
<b>Variables Independientes</b>			
Lesión Medular Traumática	Según el ASIA Proceso patológico de cualquier etiología que origina alteraciones de la función motora, sensitiva y/o autonómica	Definir el nivel de lesión medular a partir del cual se encuentran afectadas las funciones motoras y sensitivas	Cualitativa Jerárquica
Lesión Completa	Ausencia de función motora y sensitiva en los segmentos sacros inferiores (S4-S5)	Ausencia de la sensibilidad en la unión mucocutánea anal y contracción del músculo esfínter anal	Cualitativa Jerárquica

		externo	
Lesión Incompleta	Preservación de la función motora y/o sensitiva por debajo del nivel neurológico incluyendo los segmentos sacros S4-S5	Presencia de la sensibilidad en la unión mucocutánea anal y contracción del músculo esfínter anal externo	Cualitativa Nominal
Nivel Neurológico	Nivel espinal más caudal con las funciones sensitivas y motoras intactas de forma bilateral	Estandarizar, llevar un seguimiento y pronóstico de la lesión	Cualitativa Nominal

### IX.2.1 Recursos Humanos:

- Médico residente de medicina de rehabilitación
- Asesor investigador
- Asesor clínico
- Asesor metodológico

### IX.2.2 Recursos materiales:

- Área de hospitalización de la UMFR Centro
- Expedientes clínicos de pacientes hospitalizados durante el primer semestre del 2023
- Equipo de computo
- Equipo de espirometría
- Boquillas desechables, mascarilla nasobucal y cámara espaciadora
- Flujómetro portátil
- Hoja de captación de datos
- Lápiz
- Tablas de Excel para descargar datos

## **X ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS:**

### **A) Recolección de datos**

Los datos obtenidos se vaciaron en un formato específico en una hoja de cálculo Excel, que contiene identificación del paciente, diagnóstico rehabilitatorio de acuerdo a la escala de ASIA, antecedentes patológicos, resultados de las pruebas de espirometría y flujometría.

### **B) Organización de datos**

Con la información recabada se categorizó a la población de acuerdo con los patrones pulmonares más afectados en los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro.

### **C) Presentación de datos**

Para el presente protocolo de investigación se realizó un estudio descriptivo, transversal con un enfoque cuantitativo. Las variables se analizaron por medio de medidas epidemiológicas, medidas de dispersión, desviación estándar. Se presentaron los resultados por medio de gráficas.

## **XI CONSIDERACIONES ÉTICO LEGALES**

El siguiente trabajo cumplió con las normas de estrictas de confidencialidad de los datos personales, siguiendo los principios de no maleficencia, con comportamiento ético en todos los procesos que se llevaron a cabo durante todo el curso de este trabajo de acuerdo a la Declaración de Helsinki y avalado por el Comité de ética Interno de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro IMSS.

Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo a las normas del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la salud, Título Segundo de acuerdo a aspectos éticos de investigación en seres humanos. De acuerdo al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para

la Salud, este tipo de investigación se encuentra considerada con riesgo menor que el mínimo.

En la evaluación de riesgo/beneficio, no se realizó ninguna actividad ni se expuso a los pacientes a pruebas que pudieran ocasionar daños en su salud durante el estudio.

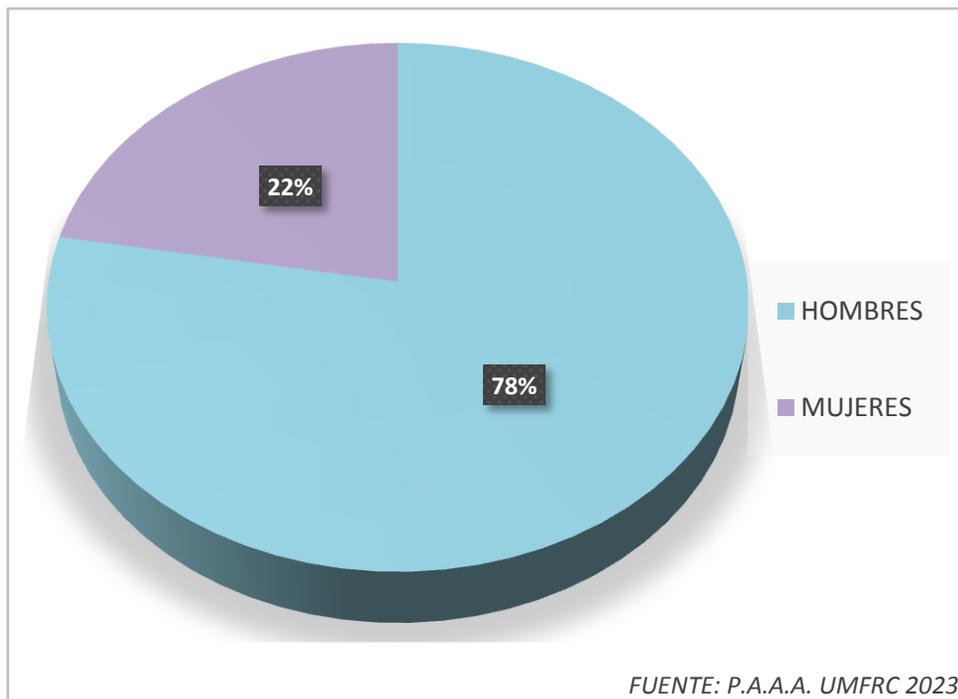
## **XII RECURSOS, FINANCIAMIENTO Y FACTIBILIDAD**

El personal que participó para realizar este protocolo, son profesionales totalmente capacitados y validados por parte de Instituciones oficiales y prestigiosas, que se conducen con ética y gran valor humanitario. No se requirieron recursos financieros para realizar este protocolo. Fue factible realizar el siguiente protocolo en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro. Se contó con los recursos humanos y materiales que se requieren.

### XIII RESULTADOS:

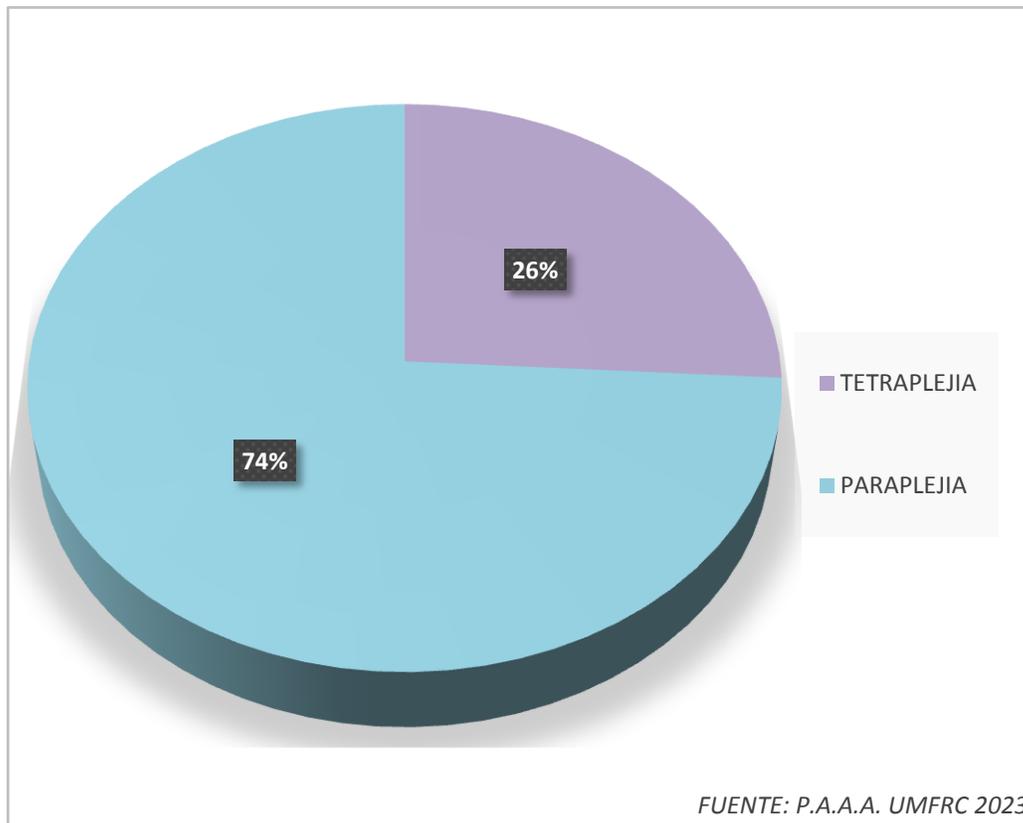
En el presente estudio se captaron un total de 27 pacientes con diagnóstico de lesión medular traumática completa en la unidad de medicina física y rehabilitación centro. En la Gráfica 1 se observa que el género masculino fue el más afectado con un 78% (n=21) del total, mientras que el género femenino se reporta con un 22% (n=6).

*Gráfica 1. Género de pacientes afectados con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023*



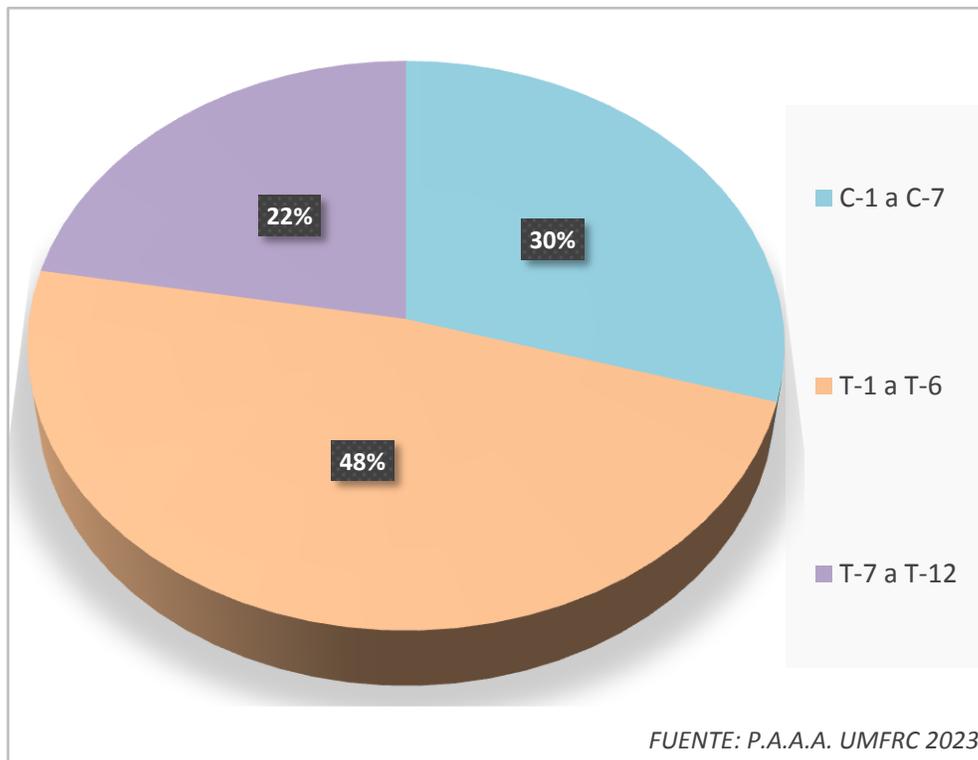
Dentro de nuestra muestra de estudio la mayor población afectada fue adulta joven, con un rango de 20 a 30 años de edad. En la Gráfica 2, se observa la categoría de lesión medular que se encuentra en mayor porcentaje en estos pacientes, es la paraplejía con un 74% (n=20) del total y la tetraplejía con un 26% (n=7).

Gráfica 2. Categoría de lesión medular traumática completa en los pacientes de la UMFRC en el primer semestre del 2023



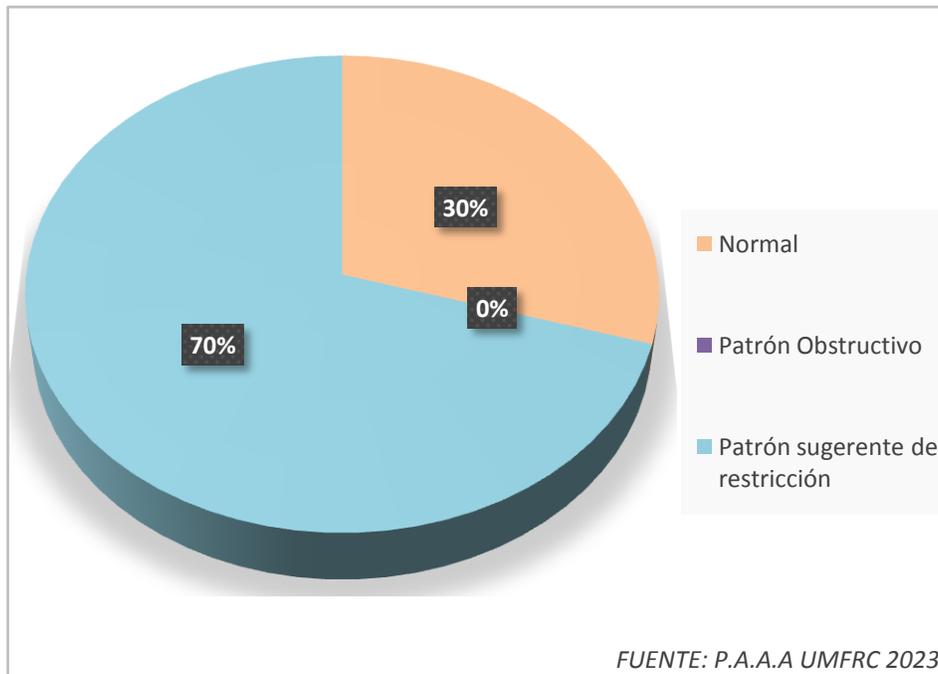
En la Gráfica 3, con respecto al nivel neurológico de lesión se categorizaron en tres grupos: lesiones cervicales de C-1 a C-7, torácicas altas de T-1 a T-6 y torácicas bajas de T-7 a T-12, la población mayormente afectada se encontró en niveles torácicos altos con un 48% (n=13), seguidas de niveles cervicales con un 30% (n=8) y por último a los niveles torácicos bajos con un 22% (n=6) del total.

*Gráfica 3. Porcentaje de pacientes con lesión medular traumática completa de acuerdo al nivel neurológico en la UMFRC en el primer semestre del 2023*



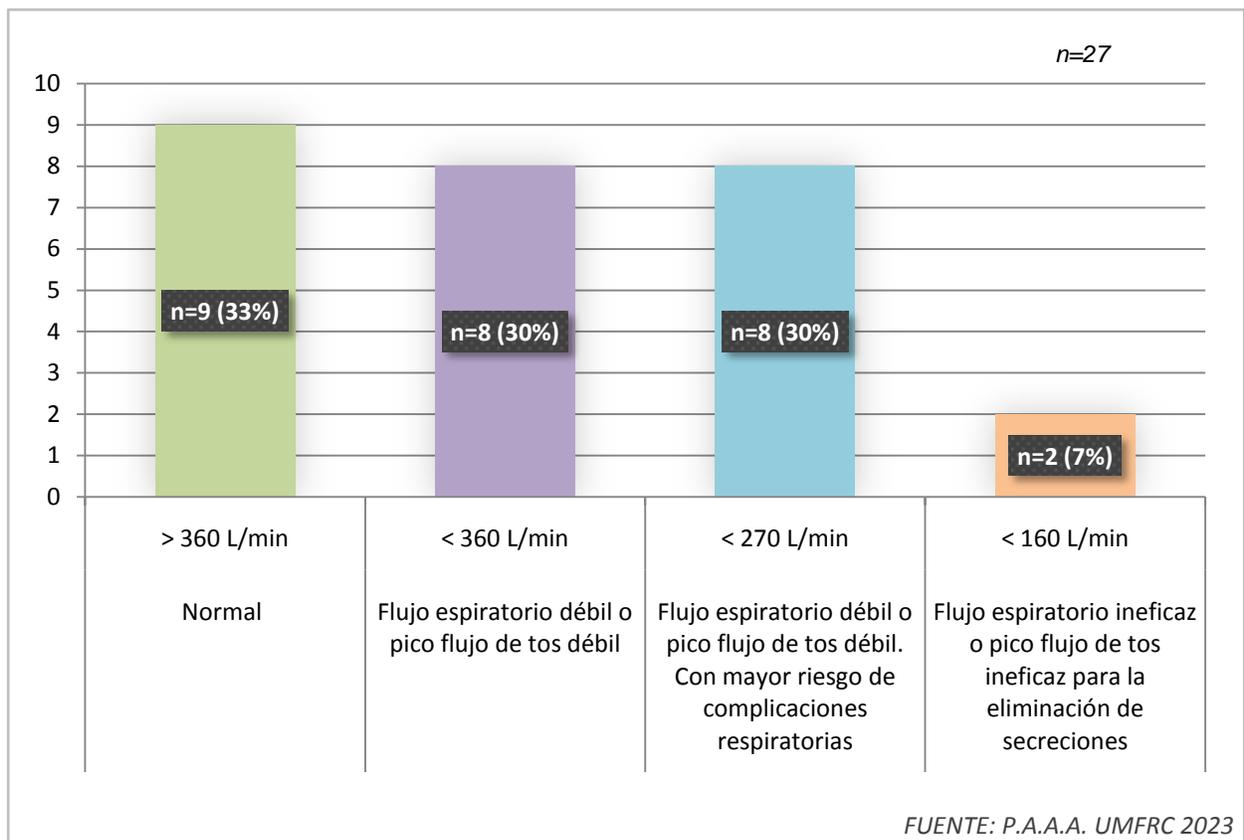
En la Gráfica 4 se demuestra que al realizar la espirometría simple se encontró que el patrón que predomina en los paciente con lesión medular traumática completa fue el patrón pulmonar sugerente de restricción con un 70% (n=19) del total, seguido de un patrón pulmonar normal 30% (n=8) y ningún paciente se reportó con patrón pulmonar obstructivo 0% (n=0).

*Gráfica 4. Patrones de espirometría en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023*



Para la prueba de flujometría como se señala en la Gráfica 5, fue muy variable ya que se encontró que el mayor número de pacientes se encuentran normales (pico flujo de tos >360 L/min) obteniendo un 33% (n=9) del total, justo por arriba del flujo espiratorio débil (pico flujo de tos débil <360 L/min) con un 30% (n=8) y del flujo espiratorio débil con mayor riesgo de complicaciones respiratorias (pico flujo de tos débil <270 L/min) con un 30% (n=8) y se encontró un número reducido de pacientes con flujo espiratorio ineficaz para la eliminación de secreciones (pico flujo de tos <160 L/min) con un 7% (n=2).

*Gráfica 5. Resultados del pico flujo máximo de tos en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023*

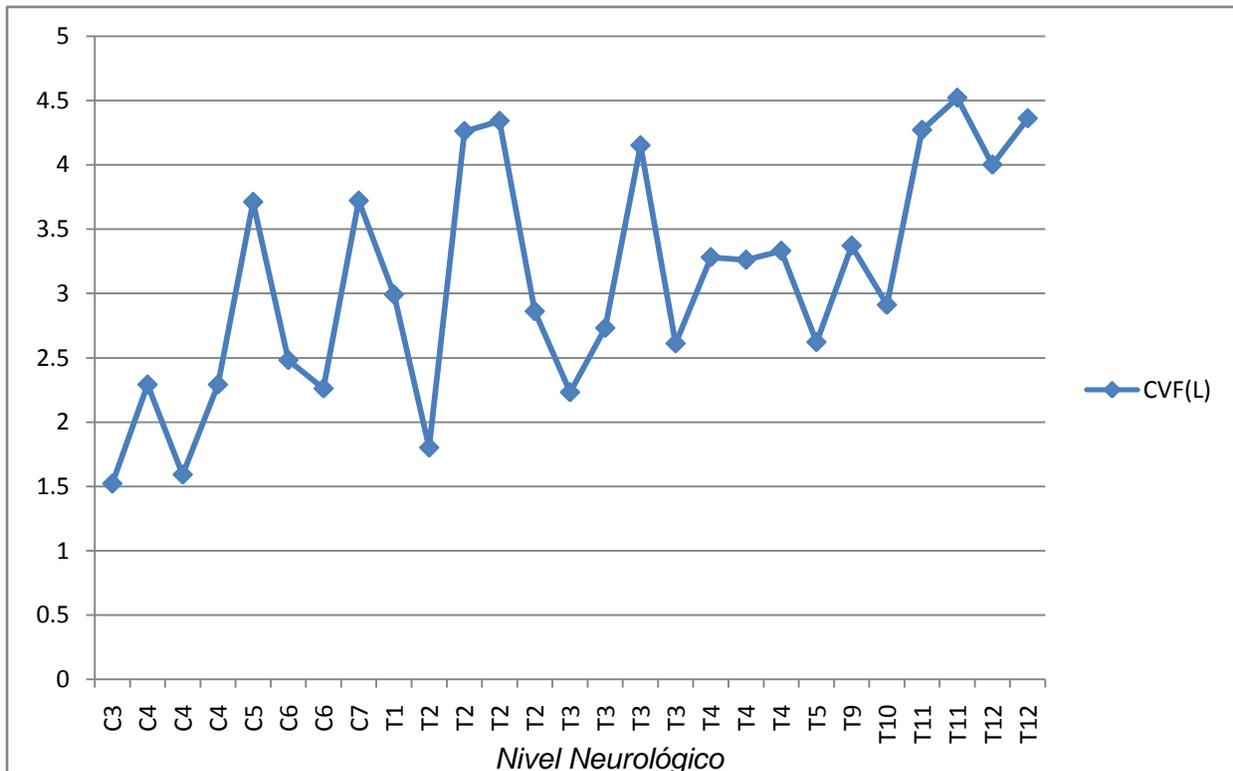


En la siguiente Tabla 1 y Gráfica 6, se muestran los valores espirométricos de la capacidad vital forzada (CVF) de acuerdo al nivel de lesión medular traumática completa de cada paciente; se observa que en los niveles de lesión medular torácicos bajos, cuentan con una CVF con resultados mayores en comparación con los niveles torácicos altos y cervicales, demostrando que, entre más alta sea la lesión medular la CVF tiene una tendencia a ser menor.

*Tabla 1. Relación del Nivel neurológico y CVF (L) en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023*

Número de paciente	Nivel medular	Espirometría
		Resultados CVF(L)
Paciente 1	C3	1.52
Paciente 2	C4	2.29
Paciente 3	C4	1.59
Paciente 4	C4	2.29
Paciente 5	C5	3.71
Paciente 6	C6	2.48
Paciente 7	C6	2.26
Paciente 8	C7	3.72
Paciente 9	T1	2.99
Paciente 10	T2	1.8
Paciente 11	T2	4.26
Paciente 12	T2	4.34
Paciente 13	T2	2.86
Paciente 14	T3	2.23
Paciente 15	T3	2.73
Paciente 16	T3	4.15
Paciente 17	T3	2.61
Paciente 18	T4	3.28
Paciente 19	T4	3.26
Paciente 20	T4	3.33
Paciente 21	T5	2.62
Paciente 22	T9	3.37
Paciente 23	T10	2.91
Paciente 24	T11	4.27
Paciente 25	T11	4.52
Paciente 26	T12	4
Paciente 27	T12	4.36
		<i>FUENTE: P.A.A.A UMFRC 2023</i>

Gráfica 6. Relación del Nivel neurológico y CVF (L) en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023



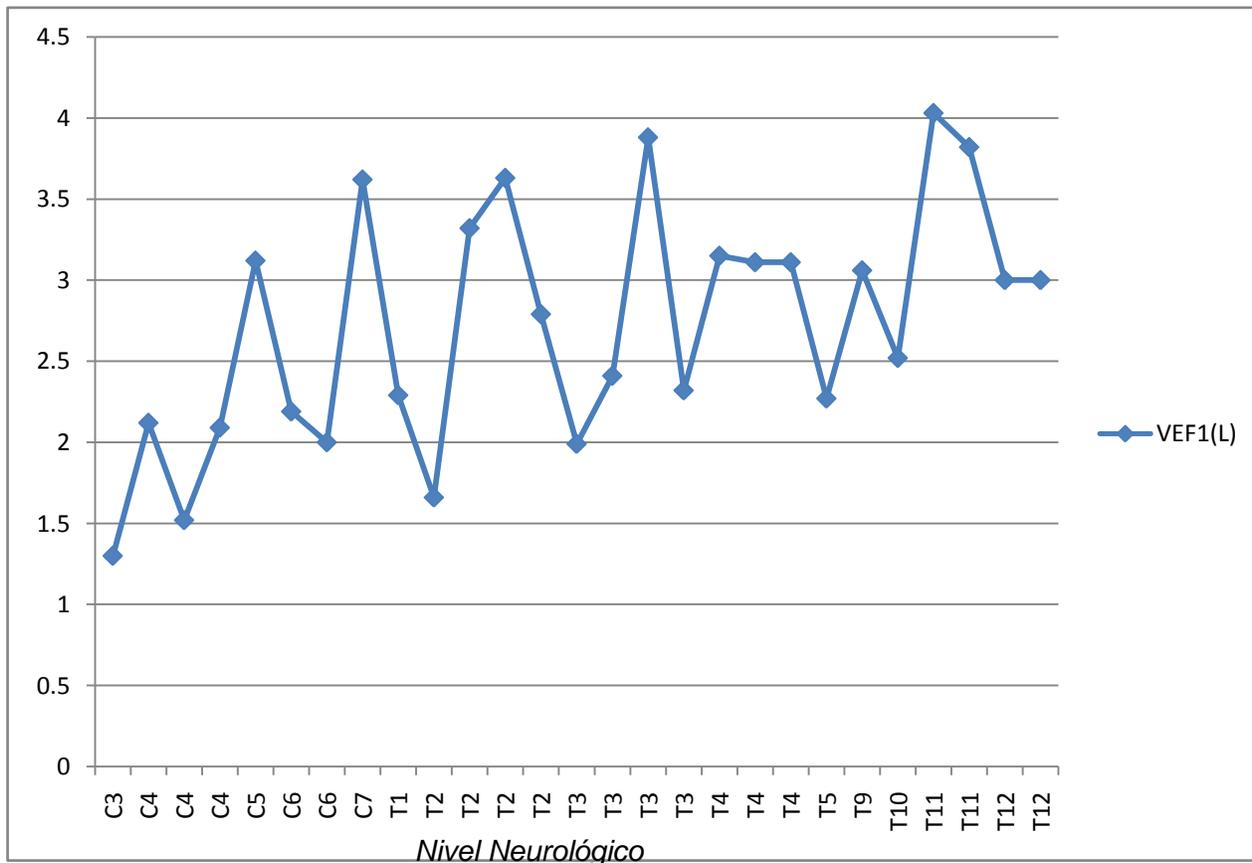
FUENTE: P.A.A.A. UMFRC 2023

Como se demuestra la Tabla 2 y Gráfica 7, de acuerdo con los datos obtenidos, el nivel de la lesión medular traumática completa y los valores espirométricos del volumen espiratorio forzado en el primer segundo ( $VEF_1$ ), determina que los niveles torácicos bajos tienen resultados mayores en el  $VEF_1$  en comparación con los niveles torácicos altos y cervicales, constatando que entre más alta sea la lesión medular el  $VEF_1$  tiende a disminuir de volumen.

Tabla 2. Relación del Nivel neurológico y VEF<sub>1</sub> (L) en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023

Número de paciente	Nivel medular	Espirometría
		Resultados VEF <sub>1</sub> (L)
Paciente 1	C3	1.3
Paciente 2	C4	2.12
Paciente 3	C4	1.52
Paciente 4	C4	2.09
Paciente 5	C5	3.12
Paciente 6	C6	2.19
Paciente 7	C6	2
Paciente 8	C7	3.62
Paciente 9	T1	2.29
Paciente 10	T2	1.66
Paciente 11	T2	3.32
Paciente 12	T2	3.63
Paciente 13	T2	2.79
Paciente 14	T3	1.99
Paciente 15	T3	2.41
Paciente 16	T3	3.88
Paciente 17	T3	2.32
Paciente 18	T4	3.15
Paciente 19	T4	3.11
Paciente 20	T4	3.11
Paciente 21	T5	2.27
Paciente 22	T9	3.06
Paciente 23	T10	2.52
Paciente 24	T11	4.03
Paciente 25	T11	3.82
Paciente 26	T12	3
Paciente 27	T12	3
		FUENTE: P.A.A.A. UMFRC 2023

Gráfica 7. Relación del Nivel neurológico y VEF<sub>1</sub> (L) en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023



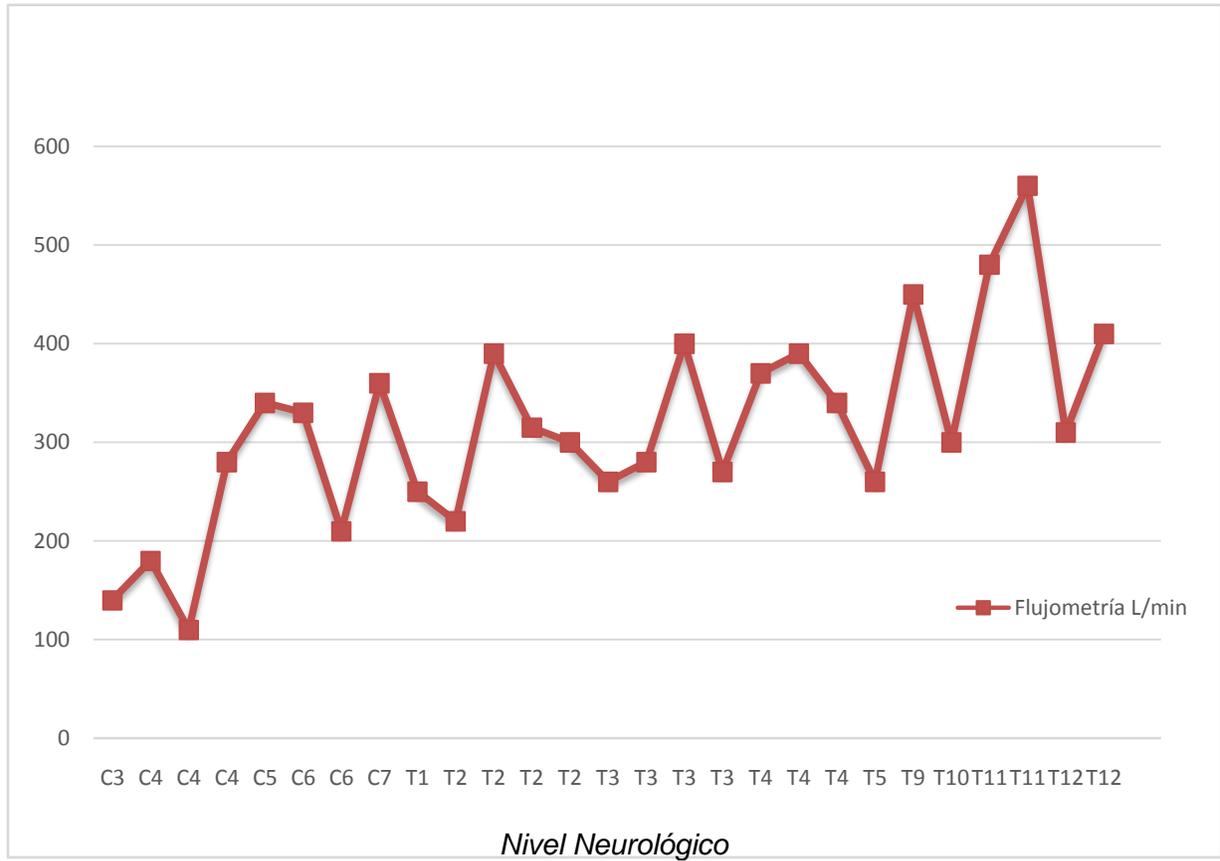
FUENTE: P.A.A.A. UMFRC 2023

Y en la Tabla 3 y Gráfica 8, de acuerdo a los resultados obtenidos, se demuestra que el nivel de lesión medular traumática completa y la flujometría (pico flujo máximo de tos), se observó que, entre más alto sea el nivel de lesión neurológica de la lesión se obtuvieron volúmenes (L/min) de flujometría (pico flujo de tos) más bajos. Y entre niveles más bajos de lesión medular los volúmenes en la flujometría serán más altos.

*Tabla 3. Relación del Nivel neurológico y flujometría (L/min) en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023*

Tabla 3		Flujometría L/min
Número de paciente	Nivel medular	Resultados L/min
Paciente 1	C3	140
Paciente 2	C4	180
Paciente 3	C4	110
Paciente 4	C4	280
Paciente 5	C5	340
Paciente 6	C6	330
Paciente 7	C6	210
Paciente 8	C7	360
Paciente 9	T1	250
Paciente 10	T2	220
Paciente 11	T2	390
Paciente 12	T2	315
Paciente 13	T2	300
Paciente 14	T3	260
Paciente 15	T3	280
Paciente 16	T3	400
Paciente 17	T3	270
Paciente 18	T4	370
Paciente 19	T4	390
Paciente 20	T4	340
Paciente 21	T5	260
Paciente 22	T9	450
Paciente 23	T10	300
Paciente 24	T11	480
Paciente 25	T11	560
Paciente 26	T12	310
Paciente 27	T12	410
		<i>FUENTE: P.A.A.A. UMFRC 2023</i>

Gráfica 8. Relación del Nivel neurológico y pico flujo máximo de tos (L/min) en los pacientes con lesión medular traumática completa en la UMFRC en el primer semestre del 2023



FUENTE: P.A.A.A. UMFRC 2023

## XIV DISCUSIÓN

En el presente estudio realizado en la unidad de medicina física y rehabilitación región centro durante el primer semestre del año 2023, se obtuvo una muestra total de 27 pacientes que cuentan con un diagnóstico de lesión medular traumática completa. Se encontró que el sexo masculino (78%) es el más afectado comparado con el sexo femenino (22%) estimando una relación hombre/mujer de 3.5/1. Se encontraron datos con respecto a la edad de los pacientes más afectados dentro del rango de 20 a los 30 años considerados adultos jóvenes, lo cual coincide con lo reportado por MB Redolfi<sup>(2)</sup> y M Arriola<sup>(4)</sup>. Se considera que la etapa adulta joven, es la que se encuentra laboralmente activa al generar ingresos económicos, por lo que al afectarse esta población se produce un gran impacto negativo a nivel social, familiar y pérdidas económicas como lo reporta G. Claret Teruel<sup>(5)</sup>. En su mayoría la etiología causante de la lesión medular traumática completa fueron los accidentes automovilísticos, seguido de las caídas de altura y las heridas por proyectil de arma de fuego, lo cual coincide con literatura nacional e internacional; sin embargo, la etiología traumática no es objetivo de comparación ya que en el estudio los mecanismos traumáticos se consideraron dentro de los criterios de inclusión de nuestros pacientes.

El tipo de categoría de lesión medular encontrado en nuestro estudio se observa que la paraplejía (74%) es la categoría que predomina más, en relación a la tetraplejía (26%) (relación 2.8/1), relacionándose junto con el nivel medular, que más frecuentemente se encuentra afectados, son los niveles torácicos altos (T1 a T6) (48%) como se demuestra en la gráfica 3, comparados con niveles cervicales (30%) y torácicos bajos (22%) que tienen menor porcentaje de afectación. Sin embargo, la paraplejía y los niveles torácicos altos tienen estrecha relación, además de cumplir con los criterios de su definición. La Paraplejía se define como: deterioro o pérdida de función motora y/o sensorial en el tórax, lumbar o segmentos sacros (pero no cervicales) de la médula espinal, secundario al daño de elementos neuronales dentro del conducto vertebral; referirse a la cola de caballo y el cono medular pero no a lesiones del plexo lumbosacro a nervios periféricos fuera del canal neural. Como lo menciona Galeiras Vázquez<sup>(11)</sup> y Mourelo Fariña<sup>(12)</sup> en sus definiciones y fisiopatología.

Para la prueba de Espirometría simple, se encontró en este estudio que los pacientes con lesión medular traumática completa, el patrón de función pulmonar que predomina es del tipo sugerente de restricción (70%), el cual mecánica y fisiopatológicamente tienen una limitación para expandir el tórax, esto es debido a pérdida del control o debilidad de la musculatura respiratoria tanto primaria como secundaria, muy similar como lo plasman Reyes MD<sup>(14)</sup> y Schilero MD<sup>(15)</sup>, en tanto estos músculos también cuentan con inervación originada directamente de la médula espinal, como lo menciona Arreola-Ramírez<sup>(16)</sup>. Sin embargo, al encontrarse disfuncionales los nervios que emergen del nivel medular, causan debilidad de los músculos respiratorios, por lo tanto no trabajan sinérgicamente para realizar una buena expansión de la caja torácica y los pulmones no alcanzarán sus niveles máximos de volumen durante la inspiración, parecido a como lo refiere Schilero MD<sup>(15)</sup>.

Para realizar la prueba de flujometría, en esta se utiliza la funcionalidad e integridad de los músculos espiratorios, principalmente los músculos abdominales, los cuales tiene que realizar una contracción de buena calidad para poder generar un pico flujo espiratorio o pico flujo de tos efectivo expulsando una suficiente cantidad de volumen de aire, con el objetivo, que si se encuentran con abundantes secreciones de moco en las vías aéreas, provocadas por cualquier grado de infección de vías respiratorias, el paciente sea capaz de expulsarlas por medio del mecanismo de la tos y no acumularse en el árbol bronquial, si esto sucede pueden desarrollar complicaciones pulmonares como la neumonía, la cual es causante de alta incidencia de mortalidad en estos pacientes, así como lo refiere García P<sup>(17)</sup> y Maria Raab<sup>(21)</sup>, que las complicaciones respiratorias son la principal causa de muerte en los pacientes con lesión medular. Por lo tanto, en nuestra población estudiada se observa que la mayoría de los pacientes se encuentran con flujometría por debajo (<360 L/min) de los valores normales (>360 L/min), considerando un flujo espiratorio o pico flujo de tos débil, así como lo menciona Rech F<sup>(24)</sup>, que la ineficacia de la tos y la dificultad de remover secreciones es una característica común en este tipo de pacientes.

También se demuestra en este estudio, que los valores espirométricos tanto las capacidades y los volúmenes pulmonares suelen estar comprometidas, como se

demuestra en los resultados obtenidos. Encontramos, que la capacidad vital forzada (CVF) considerado como el máximo volumen de aire que puede exhalar un individuo de manera forzada a partir de una inspiración máxima, resulta con valores de volumen disminuidos durante la prueba de espirometría simple en pacientes con niveles de lesión medular más altos; esto se debe a que, entre más alto sea el nivel de lesión, el paciente tendrá mayor compromiso en la cantidad de músculos respiratorios y calidad en su fuerza de contracción. Mientras que, entre más baja sea el nivel de lesión, el número total de músculos afectados es menor, preservándose los que se encuentren por arriba del nivel medular afectado. Concuera con referencias reportadas por Reyes MR<sup>(14)</sup> y Henderson R<sup>(19)</sup> en su literatura. Analizando el siguiente parámetro, dentro de la espirometría simple se obtiene también, el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF<sub>1</sub>) refiriéndose al máximo volumen de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra CVF, esto es el 80% del volumen expulsado durante la maniobra, en el que de manera similar a la CVF con su relación al nivel de lesión medular, el VEF<sub>1</sub> también se demuestra que se encuentra disminuido con respecto al nivel medular afectado. Haciendo la correlación pertinente se indica que entre más alta se encuentre la afectación medular, el VEF<sub>1</sub> resultará con valores disminuidos; mientras que, si la lesión medular es más baja, los volúmenes pulmonares se obtendrán con valores por arriba de los anteriores. Esto se explica fisiopatológicamente con la alteración o disfuncionalidad de los músculos abdominales; como bien sabemos, la espiración se realiza de forma pasiva, mientras que la espiración activa o forzada se necesita de la contracción muscular abdominal integra para poder realizar una fuerte expulsión de volumen de aire. Esto demuestra que, entre más alta se encuentre la lesión medular, el grado de debilidad muscular abdominal será mayor. Así mismo, como lo demuestran Schilero, MD<sup>(15)</sup> y Thomas N. Bryce<sup>(22)</sup>, refiriendo que este tipo de alteraciones tanto las capacidades y volúmenes pulmonares muestran una reducción en dichos parámetros con lesiones en niveles altos.

Con respecto la flujometría o pico flujo de tos, el cual se considera el mejor parámetro que determina la capacidad para eliminar secreciones respiratorias durante la tos, analizando este resultado con respecto al nivel de lesión medular, también se encuentra una afectación que de acuerdo al nivel neurológico de la lesión, manifiestan

las mismas características como en las capacidades y volúmenes pulmonares. Sin embargo, también se puede determinar que los volúmenes bajos obtenidos en esta prueba, es ocasionada por el inicio de la fisiopatología el cual afecta a los músculos inspiratorios primarios y secundarios, los cuales no logran un buen ingreso de volumen de aire a los pulmones y durante la fase expulsiva también se revelara un pico flujo disminuido. En forma similar, Reyes MR<sup>(14)</sup>, Schilero, MD<sup>(15)</sup> y Thomas N. Bryce<sup>(22)</sup>, también refieren que las alteraciones encontradas en la mecánica pulmonar y la caja torácica, se correlaciona de forma estrecha con el nivel neurológico de la lesión medular.

También se observa que, en este estudio durante la realización de las pruebas se encontraron algunas fluctuaciones y variabilidades con parámetros bajos en la flujometría, capacidades y volúmenes pulmonares en algunos pacientes con niveles inferiores de lesión; los cuales en teoría, tendrían unos valores ligeramente por arriba como se muestran en las gráficas 6, 7 y 8. Éstas, pueden deberse a la temporalidad de la lesión de los pacientes en la que se realizaron las pruebas, como lo menciona Ledsome JR<sup>(37)</sup>, sin embargo no se tomó en cuenta el tiempo de lesión, ya que no fue objetivo del estudio. Cabe constatar y concluir que, en esta población de estudio los resultados analizados en estas gráficas, muestran que los volúmenes y capacidades pulmonares en promedio siguen una línea hacia la normalidad mientras la lesión sea lo más caudalmente posible.

## **XV CONCLUSIONES:**

- Los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro, presentan afectación de la función mecánica pulmonar.
- En la evaluación por espirometría en los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro, se observó con mayor frecuencia un patrón respiratorio sugerente de restricción.
- En la evaluación por espirometría en los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro, presentan una capacidad vital forzada (CVF) disminuida con respecto al nivel neurológico de la lesión.
- En la evaluación por espirometría en los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro, presentan un volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF<sub>1</sub>) disminuido en niveles neurológicos más altos.
- En la evaluación del pico flujo máximo de tos en los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro, se observó con mayor frecuencia disminuido de acuerdo a los niveles de lesión, siendo más afectado en niveles neurológicos altos.

**Limitaciones:**

La principal limitación en el estudio fue, ya sea por cuestiones de tiempo y recursos económicos para adquirir un instrumento llamado forcímetro, útil para determina la fuerza de todos los músculos respiratorios, mediante mediciones de presión inspiratoria máxima (PI<sub>máx</sub>) evaluando la fuerza de todos los músculos inspiratorios, y la presión espiratoria máxima (PE<sub>máx</sub>) la fuerza de todos los músculos espiratorios. Determinando la debilidad de dichos músculos espiratorios e inspiratorios. Sin embargo, este instrumento nos brindaría mucha información en cuanto a la función respiratoria del paciente lesionado medular.

**Sugerencias:**

Con esta premisa del estudio, se podría realizar una investigación más amplia en un futuro para adquirir nuevos conocimientos en beneficio de la población. Otorgando nuevas herramientas terapéuticas para los pacientes con LME en la Unidad de medicina física y rehabilitación centro. Mejorar la higiene bronquial. Elaborar un programa de rehabilitación pulmonar dentro de su manejo integral para atenuar las complicaciones respiratorias y por ende disminuir las tasas de morbi-mortalidad.

## **XVI BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.- Martín-Del Rosario F, Ruiz-Fernández M, García-Bravo A, Manual de Rehabilitación y medicina física. SOCARMEF. 2016. ISBN edición online: 978-84-09-00977-0
- 2.- Redolfi M B, Moviglia J L, González-Carey R, Perfil clínico y demográfico de sujetos con lesión medular admitidos en rehabilitación. Redolfi MB. AJRPT. 2020;2(1):p6-13.
- 3.- Estrada-Mondaca S, Carreón-Rodríguez A, Parra-Cid MC, Lesión de médula espinal y medicina regenerativa. Salud pública de Méx noviembre/diciembre 2007 vol.49 no.6 Cuernavaca.
- 4.- Arriola M, López L, Camarot T, Perfil epidemiológico, clínico y funcionalidad alcanzada de la población con lesión medular traumática asistida en el Servicio de Rehabilitación y Medicina Física en el Hospital Universitario. Rev Méd Urug 2021; 37(2): e37208.
- 5.- Claret-Teruel G, Trenchs-Sáinz de la Maza V, Palomeque-Rico A, Lesión medular aguda en edad pediátrica. An Pediatr (Barcelona). 2006;65(2):162-5
- 6.- Bustamante-Bozzo R, Traumatismo raquimedular. Rev Chil Anest 2021; 50:126-158.
- 7.- Padilla-Zambrano H, Ramos-Villegas YC, Alvis-Miranda HR, Fisiopatología del trauma raquimedular. Rev Mex de Neurociencia Sept-Oct, 2017; 18(5):46-53.
- 8.- Arriagada G, Macchiavello N. Traumatismo raquimedular (TRM). Revisión bibliográfica. Rev. Med. Clín. Condes - 2020; 31(5-6) 423-429.
- 9.- Baabor M, Cruz S, Villalón J, Actualización en la fisiopatología y manejo de traumatismo raquimedular. Rev. Chil. Neurocirugía 42: 144-150, 2016.
- 10.- Ballesteros-Plaza V, Marré-Pacheco B, Martínez-Aguilar C, Lesión de la médula espinal. Actualización bibliográfica: fisiopatología y tratamiento inicial. Coluna/Columna. 2012; 11(1): 73-6.
- 11.- Galeiras-Vázquez R, Ferreiro-Velasco M, Mourelo-Fariña M, Actualización en lesión medular aguda postraumática. Parte 1. Med Intensiva. 2017;41(4):237---247.

- 12.- Mourelo-Fariña M, Salvador de la Barrera S, Montoto-Marqués A, Actualización en lesión medular aguda postraumática. Parte 2. Med Intensiva. 2017;41(5):306---315.
- 13.-Sibaja-Pérez A, Ripoll-Zapata V, Padilla-Zambrano H, Neuroprotección en lesión medular traumática. Neuroeje 2020 Edición 31 vol. 1.p-27-34
- 14.- Reyes MR, Jo-Elmo M, Menachem B, Manejo de la salud respiratoria en la lesión de la médula espinal subaguda y crónica: una referencia para los médicos de atención primaria. Top Spinal Cord Inj Rehabil 2020;26(2):116-122
- 15.- Schilero G, Bauman W, Radulovic M, Traumatic Spinal Cord Injury Pulmonary Physiologic Principles and Management. Clin Chest Med 39 (2018) 411–425.
- 16.- Arreola-Ramírez J, Morales-Hernández P, Falcón-Rodríguez C, Segura-Medina P, Aspectos generales de la inervación pulmonar. Gaceta Médica de México. 2013;149:502-8.
- 17.- García D, Castillo J, Castillo J, Complicaciones respiratorias de la tetraplejia: Una mirada a las alternativas terapéuticas actuales. Rev Chil Enf Respir 2007; 23: 106-116.
- 18.- López-Mesa M, Valencia-Ruiz J, Complicaciones en el Trauma raquimedular. CES Movimiento y Salud. 2013;1:44-51.
- 19.- Henderson R, Tellechea M, Anestesia en paciente portador de lesión raquimedular crónica. Universidad República de Uruguay.
- 20.- Burns S, Acute Respiratory Infections in Persons with Spinal Cord Injury Phys Med Rehabil Clin N Am18 (2007) 203–216.
- 21.- Raab AM, Mueller G, Elsig S, Gandevia S, Zwahlen M, Systematic Review of Incidence Studies of Pneumonia in Persons with Spinal Cord Injury.J.Clin.Med.2022, 11, 211.
- 22.- Bryce T, Huang V, Escalon M, Lesiones Medulares.2022. Elsevier España, S.L.U.
- 23.- Yokota K, Wang S, Singh J, Fehlings M, Medical Management of Spinal Cord Injury. 2020. Elsevier España, S.L.U.

- 24.- Rech F, Civit T, Tratamiento de las complicaciones y de las secuelas neurológicas de los pacientes con traumatismos medulares. Elsevier Masson SAS. Volumen 48, nº3, septiembre 2015. E – 14-846.
- 25.- Torres-Castro R, Monge G, Vera R, Puppo H, Estrategias terapéuticas para aumentar la eficacia de la tos en pacientes con enfermedades neuromusculares. Rev Med Chile 2014; 142: 238-245.
- 26.- Parra-Morales AM, García-Velásquez MP, Mediciones de presión inspiratoria máxima y presión espiratoria máxima en población enferma. Rev Fac Med. 2016;64(1).
- 27.- Rivero-Yeverino D, Espirometría Conceptos básicos. Rev Alerg Méx.2019;66(1):76-84
- 28.- Rodríguez-Gómez Y, Zambrano-Mendoza L, Protocolo de rehabilitación respiratoria del paciente lesionado medular con disfunción ventilatoria. Rev Cubana de Medicina Física y Rehabilitación 2015;7(1):65-73.
- 29.- Wang X, Zhang N, Xu Y, Effects of Respiratory Muscle Training on Pulmonary Function in Individuals with Spinal Cord Injury: An Updated Meta-analysis. Hindawi Bio Med Research International Volume 2020, Article ID 7530498, 8 pages.
- 30.- Berlowitz D, Tamplin J, Entrenamiento muscular respiratorio para la lesión de la médula espinal cervical. 2013 <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008507.pub2>
- 31.- Brizuela-Costa G, Romero-Ávila J, Beltrán-Herranz J, Lesión medular y ejercicio físico: revisión desde una perspectiva deportiva. Revista Española de Discapacidad, 4 (2): 163-185.
- 32.- Cheol-Shin J, Young-Han E, Hee-Cho K, Heelm S, Improvement in Pulmonary Function with Short-term Rehabilitation Treatment in Spinal Cord Injury Patients. Scientific Reports | (2019) 9:17091.
- 33.- García-Parajuá P, Psicopatología en pacientes con lesión medular. Revista Digital de Medicina Psicosomática y Psicoterapia. Volumen VI, Número 2, Septiembre 2016.

- 34.- Servera E, Sancho J, Zafra M. Tos y enfermedades neuromusculares. Manejo no invasivo de las secreciones respiratorias. Arch Bronconeumol 2003; 39 (9): 418-27.
- 35.- Fernández-Carmona A, Olivencia-Peña L, Tos ineficaz y técnicas mecánicas de aclaramiento mucociliar. Med Intensiva. 2018;42(1):50---59.
- 36.- Mora-Romero U, Gochicoa-Rangel L, Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. Neumol Cir Tórax. 2014 Vol 73-Número 4:247-253.
- 37.- Ledsome J, Sharp J. Pulmonary function in acute cervical cord injury. Am Rev Respir Dis. 1981 Ju;124(1):41-4.
- 38.- Benítez R. Bouscoulet L. Espirometría: recomendaciones y procedimiento. Neumol Cir Torax Vol. 75 - Núm. 2:173-190 Abril-junio 2016.

# XVII ANEXOS:

## Anexo 1. Hoja Exploratoria de ISNCSCI<sup>(8)</sup>.



**NORMAS INTERNACIONALES PARA LA CLASIFICACIÓN NEUROLÓGICA DE LESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL (ISNCSCI)**



Nombre del Paciente: \_\_\_\_\_ Fecha/Hora del Examen: \_\_\_\_\_

Nombre Examinador: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

**DERECHO**

**MOTOR**  
MÚSCULOS CLAVE

**SENSITIVO**  
PUNTOS SENSITIVOS CLAVE

Tacto Fino (TFD)    Pinchazo (PPD)

**ESD** (Extremidad Superior Derecha)

Flexores del codo C5

Extensores de muñeca C6

Extensores de codo C7

Flexores de los dedos de la mano C8

Abductores del dedo meñique T1

**EID** (Extremidad Inferior Derecha)

Flexores de cadera L2

Flexores de rodilla L3

Dorsiflexores de tobillo L4

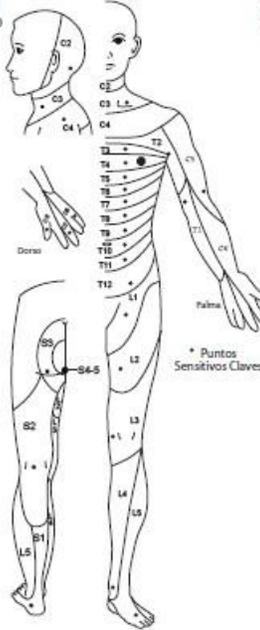
Extensores del dedo gordo del pie L5

Plantiflexores de Tobillo S1

(CAV) Contracción Anal Voluntaria (SI/No)

**TOTALES DERECHA (MAXIMO)**

(50)    (56)    (56)



Dorsal

Palmar

\* Puntos Sensitivos Claves

**SENSITIVO**  
PUNTOS SENSITIVOS CLAVE

Tacto Fino (TFI)    Pinchazo (PPI)

**ESL** (Extremidad Superior Izquierda)

Flexores del codo C5

Extensores de muñeca C6

Extensores de codo C7

Flexores de los dedos de la mano C8

Abductores del dedo meñique T1

**EIL** (Extremidad Inferior Izquierda)

Flexores de cadera L2

Extensores de rodilla L3

Dorsiflexores de tobillo L4

Extensores del dedo gordo del pie L5

Plantiflexores de tobillo S1

(PAP) Presión Anal Profunda (SI/No)

**TOTALES IZQUIERDA (MAXIMO)**

(56)    (56)    (50)

**PARCIALES MOTORES**

ESD  + ESL  = RMES TOTAL     EID  + EIL  = RMEI TOTAL

MAX (25)    (25)    (50)    MAX (25)    (25)    (50)

**PARCIALES SENSITIVOS**

TFD  + TFI  = TF TOTAL     PPD  + PPI  = PP TOTAL

MAX (56)    (56)    (112)    MAX (56)    (56)    (112)

**NIVELES NEUROLÓGICOS**

1. SENSITIVO     D     I

2. MOTOR     D     I

3. NIVEL NEUROLÓGICO DE LA LESIÓN (NLI)

4. COMPLETA O INCOMPLETA?

Incompleta - Cualquier función motora o sensitiva en S4-5

5. ESCALA DEFICIENCIA DE ASIA (AIS)

6. ZONA DE PRESERVACIÓN PARCIAL

Niveles más caudales con alguna inervación

SENSITIVO     D     I

MOTOR     D     I

Page 1/2    Este formulario puede ser copiado libremente pero no puede ser alterado sin permiso de la American Spinal Injury Association.    REV 04/19

International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury  
(ISNCSCI). Revision 2019

Anexo 2. Escala de clasificación ASIA<sup>(8)</sup>.

Escala de Asia (ASIA Impairment Scale AIS)	
Tipo de lesión	Característica
<b>A= Completa</b>	No hay preservación de función motora ni sensitiva en los segmentos sacros S4-S5
<b>B= Sensitiva incompleta</b>	Hay preservación de la función sensitiva pero no de la motora en los segmentos sacros más distales S4-S5 (tacto fino o pinchazo en S4-S5 o presión anal profunda) y no hay preservación de función motora en más de tres niveles por debajo del nivel motor en uno u otro lado del cuerpo
<b>C= Motora incompleta</b>	Se preserva la función motora en los segmentos sacros más caudales durante la contracción anal voluntaria (CAV) o el paciente cumple con los criterios de lesión sensitiva incompleta (función sensitiva preservada en los segmentos sacros S4-S5), con presencia de función motora en más de tres segmentos por debajo del nivel motor ipsilateral en cualquiera de los lados del cuerpo
<b>D= Motora Incompleta</b>	El estado motor incompleto tal y como fue definido arriba, con al menos la mitad (la mitad o más) de la función de los músculos clave por debajo del Nivel Neurológico de la Lesión (NNL) con una clasificación de músculo mayor o igual a 3
<b>E= Normal</b>	Si la sensibilidad y la función motora se examinan con el ISNCSCI se clasifican como normales en todos los segmentos y el paciente tenía déficits, entonces la clasificación AIS es E

International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI). Revision 2019

Anexo 3. Sitios de Valoración por Dermatomas.

DERMATOMAS			
PUNTOS CLAVE	REGIÓN DE ESTÍMULO	PUNTOS CLAVE	REGIÓN DE ESTÍMULO
C2	Protuberancia occipital	T8	8º espacio intercostal (entre T6 y T10)
C3	Fosa supraclavicular	T9	9º espacio intercostal (entre T8 y T10)
C4	Borde superior de la articulación acromioclavicular	T10	10º a nivel de cicatriz umbilical
C5	Borde anterolateral de la fosa antecubital	T11	Mitad de T10 y T12
C6	Región dorsal del primer dedo	T12	Punto medio del ligamento inguinal
C7	Región dorsal de tercer dedo	L1	Mitad de T12 y L2
C8	Región dorsal del quinto dedo	L2	Punto medio entre T12 y L3
T1	Borde medial de la fosa antecubital	L3	Cóndilo femoral interno
T2	Ápex axilar	L4	Maléolo interno
T3	3º espacio intercostal línea media clavicular	L5	Dorso del pie entre 1º y 2º orjejo del pie
T4	4º espacio intercostal (a nivel de los pezones)	S1	Borde externo del talón
T5	5º espacio intercostal (entre T4 y T6)	S2	Línea media de la fosa poplítea
T6	6º espacio intercostal (a nivel de apéndice xifoides)	S3	Tuberosidad isquiática
T7	7º espacio intercostal (entre T6 y T8)	S4-S5	Región perianal

International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI). Revision 2019

Anexo 4. Examen Manual Muscular: Mediante Escala de Daniels<sup>(22)</sup>.

<b>ESCALA DE DANIELS</b>	
<b>GRADUACIÓN FUNCIÓN MOTORA</b>	
<b>0</b>	Parálisis total
<b>1</b>	Contracción visible o palpable
<b>2</b>	Movimiento activo, rango de movimiento (ROM) completo con eliminación de gravedad
<b>3</b>	Movimiento activo, ROM completo contra la gravedad
<b>4</b>	Movimiento activo, ROM contra resistencia moderada en una posición muscular específica
<b>5</b>	(Normal) movimiento activo, ROM completo contra resistencia total en un posición muscular específica esperada en una persona sin deficiencia alguna
<b>NE</b>	No examinable (por inmovilidad, dolor intenso tal que impide calificar al paciente, amputación de una extremidad o contractura de más del 50% del ROM)
0*, 1*, 2*, 3*, 4*, NT* = Condición no relacionada con una LME presente	

International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI). Revision 2019

Anexo 5. Sitios de Valoración por Miotomas<sup>(22)</sup>.

<b>Músculos Clave</b>	
C5	Flexor del codo (bíceps braquial)
C6	Extensor radial del carpo
C7	Extensor del codo (tríceps braquial)
C8	Flexor largo de los dedos
T1	Abductor del 5to dedo
L2	Flexor de cadera (Psoas)
L3	Extensor de rodilla (Cuadríceps)
L4	Dorsiflexor del tobillo (Tibial anterior)
L5	Extensor largo del dedo gordo
S1	Flexor plantar del tobillo (Tríceps sural)

International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI). Revision 2019

Anexo 6. Inervación de los principales músculos respiratorios<sup>(22)</sup>.

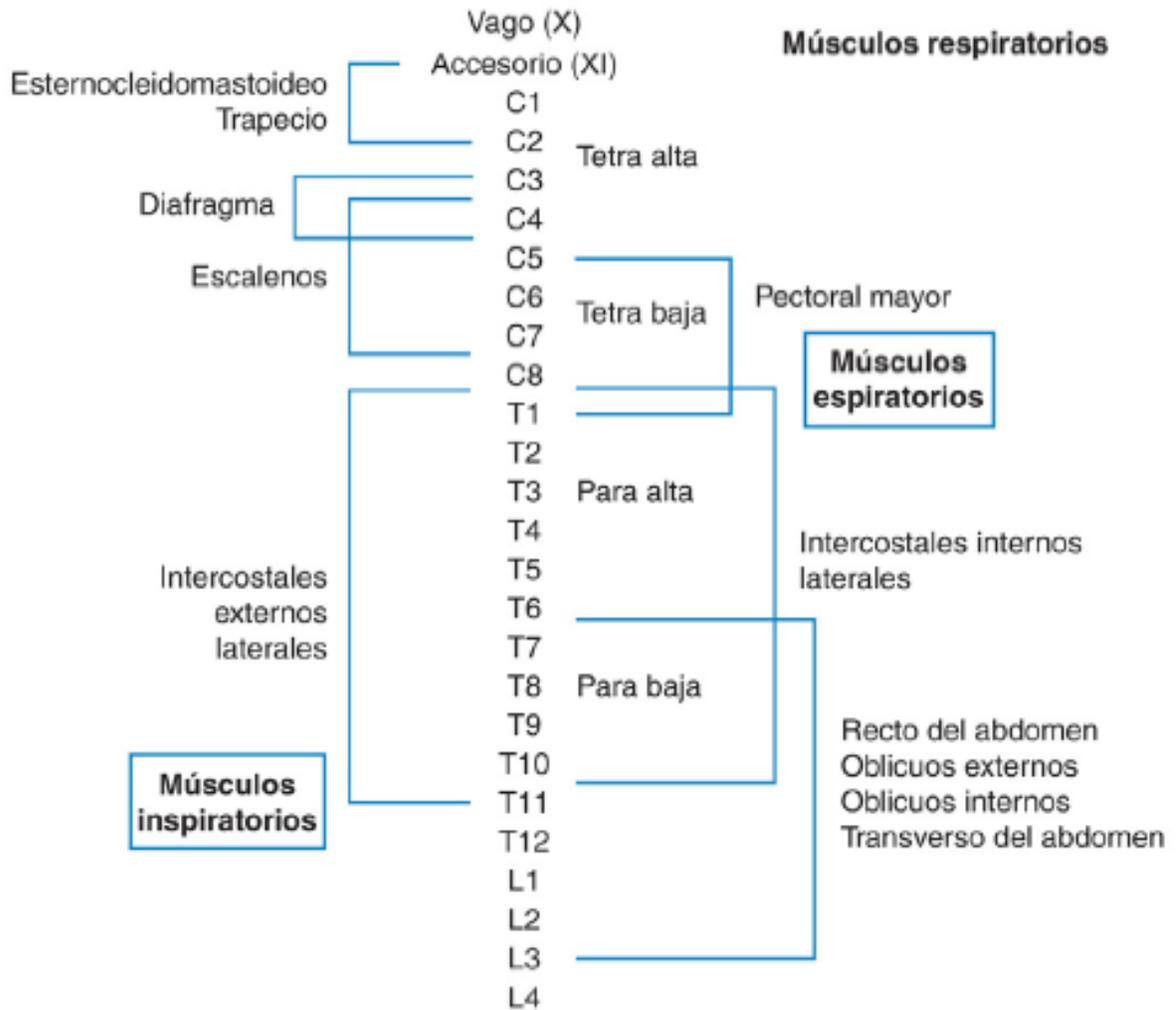
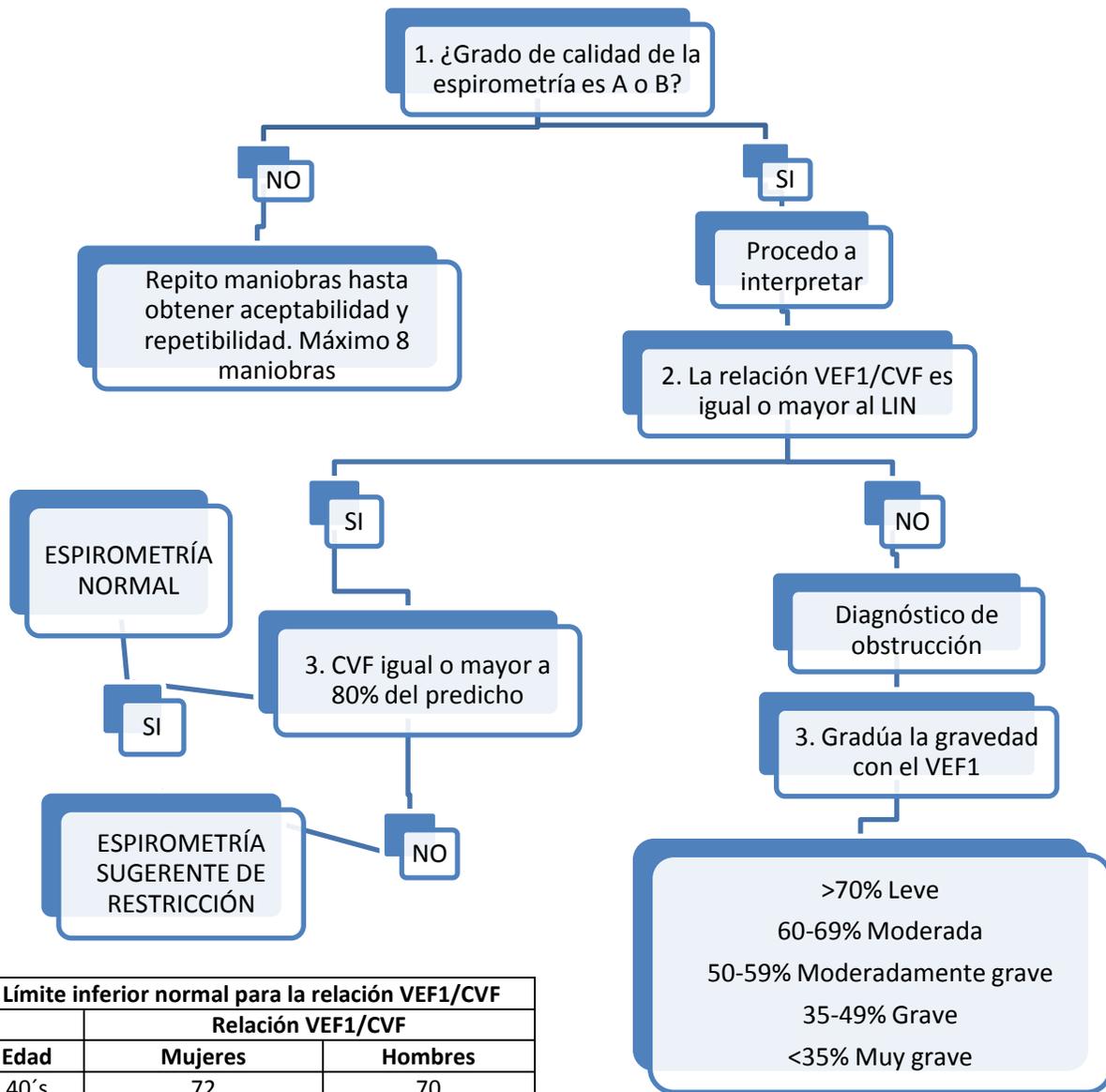


Diagrama que muestra los niveles de inervación de los músculos inspiratorios y espiratorios.  
 Bryce T, Huang V, Escalon M, Lesiones Medulares.2022. Elsevier España, S.L.U.

Anexo 7. Algoritmo de interpretación de la Espirometría y tabla de valores límites inferiores de la relación VEF1/CVF en relación a la edad y sexo<sup>(8)</sup>.



Límite inferior normal para la relación VEF1/CVF		
Relación VEF1/CVF		
Edad	Mujeres	Hombres
40's	72	70
50's	70	68
60's	67	66
70's	65	64
80's	63	62

Algoritmo para la interpretación de espirometría. Y tabla de valores del límite inferior normal de la relación VEF1/CVF de acuerdo a edad y sexo. Benítez R. Bouscoulet L. Espirometría: recomendaciones y procedimiento. Neumol Cir Torax Vol. 75 - Núm. 2:173-190 Abril-junio 2016.

Anexo 8. Contraindicaciones de la medición de las presiones respiratorias máximas<sup>(36)</sup>.

<b>Contraindicaciones de la medición de las presiones respiratorias máximas</b>
<b>A. Contraindicaciones absolutas:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>1.- Angina inestable</li><li>2.- Infarto de miocardio reciente (4 semanas siguientes al evento) o miocarditis</li><li>3.- Hipertensión arterial sistémica no controlada</li><li>4.- Neumotórax reciente</li><li>5.- Posoperatorio de biopsia pulmonar (una semana)</li><li>6.- Posoperatorio de cirugía abdominal o genitourinaria</li><li>7.- Incontinencia urinaria</li></ul>
<b>B. Contraindicaciones relativas:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>1.- Presión arterial diastólica en reposo &gt;110 mmHg o presión arterial sistólica en reposo &gt;200 mmHg</li><li>2.- Lesión espinal reciente</li><li>3.- Lesión ocular reciente</li><li>4.- Pacientes poco colaboradores o incapaces de realizar la prueba por debilidad, dolor, fiebre, disnea, falta de coordinación o psicosis</li></ul>

Contraindicaciones para las mediciones de las presiones inspiratorias máximas. Mora-Romero U, Gochicoa-Rangel L, Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. Neumol Cir Tórax. 2014 Vol 73-Número 4:247-253.

Anexo 9. Hoja de recolección de datos.

**EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR  
TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO**

**HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**



Nombre del paciente:

Fecha:

Número de seguridad social:

Cama:

Fecha de Nacimiento:

Edad:

Peso:

Sexo:

Talla:

Diagnóstico:

Tiempo de evolución:

Antecedentes patológicos:

**Espirometría**

Resultados:

Relación CVF/ VEF <sub>1</sub>	CVF (L)	VEF <sub>1</sub> (L)

Interpretación:

**Flujometría portátil (Pico Flujo de Tos):**

Resultados:

Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
L/min	L/min	L/min	L/min

Interpretación:

Investigador Responsable

Investigador Responsable

**Dra. González Mellado Dulce María**

**Dr. Piza Aguilar Antonio Adonis**

## Anexo 10. Carta consentimiento informado

### EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO



#### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EVALUAR LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO

**CIUDAD DE MÉXICO A** \_\_\_\_\_

**POR MEDIO DEL PRESENTE YO** \_\_\_\_\_

Autorizo mi participación en el proyecto de investigación titulado: "Evaluación de la función mecánica pulmonar en los pacientes con lesión medular traumática completa de la unidad de medicina física y rehabilitación centro". El objetivo de este estudio es: Determinar la función mecánica pulmonar de los pacientes con lesión medular traumática completa de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro.

Se me ha explicado que mi participación en el estudio que consiste en autorizar el uso de mi expediente clínico, datos y resultados de estudios de laboratorio.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los beneficios derivados de mi participación en el estudio que son los siguientes:

#### **Beneficios:**

1. Conocer mi función mecánica pulmonar (volúmenes y presiones pulmonares) relacionada con el padecimiento actual (lesión medular traumática completa).
2. Otorgarles nuevas herramientas terapéuticas para los pacientes con lesión medular en la unidad de medicina física y rehabilitación centro.
3. En caso de presentar alguna alteración, me será notificado y referido al servicio correspondiente.

El investigador principal se compromete a responder cualquier pregunta y aclarar en lo posible las dudas que se le plantee acerca de los procedimientos que se llevan a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación o mi estado de salud. El investigador principal ha dado seguridad que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados de forma absolutamente confidencial. Para cumplir con lo anterior el investigador utilizará para la creación de la base de datos que tendrá mi información clínica, así como los resultados de pruebas de laboratorio. Nunca se empleará mi nombre para la identificación y de esa forma conservar mi anonimato.

Investigador Responsable

**Dra. González Mellado Dulce María**

\_\_\_\_\_

Investigador Responsable

**Dr. Piza Aguilar Antonio Adonis**

\_\_\_\_\_

**Nombre completo y firma del paciente**

\_\_\_\_\_

Testigo Nombre y firma

\_\_\_\_\_

Anexo 11. Carta de no inconveniente por la dirección.



**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**Dirección de Prestaciones Médicas**  
Unidad de Atención Médica  
Coordinación de Unidades Médicas de Alta Especialidad  
Unidad de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia  
"Lomas Verdes"  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro  
Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud

Ciudad de Ciudad de México a 20 de Enero del 2023

**DR. GILBERTO EDUARDO MEZA REYES**  
**PRESIDENTE DEL COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN 1501 Y ÉTICA EN SALUD**

**PRESENTE**

Por medio de la presente hago de su conocimiento que NO existe inconveniente para llevar a cabo el protocolo de investigación:

**"EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO"**

A cargo de la Dra Dulce María González Mellado como Investigadora Responsable.

Sin más por el momento envío un cordial saludo

**Dra Minerva Saraiba Russell**  
**Directora Médica.**

Anexo 12. Carta de aceptación del tutor.



GOBIERNO DE  
MÉXICO



-M-

Dirección de Prestaciones Médicas  
Unidad de Atención Médica  
Coordinación de Unidades Médicas de Alta Especialidad  
Unidad de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia  
"Luzas Verdes"  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro  
Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud

Ciudad de México, a 17 de Mayo del 2022

Oficio Ref. 365199/2022/033

**DRA DULCE MARIA GONZALEZ MELLADO**  
Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación

Por medio de la presente le hacemos una cordial invitación para participar como Tutora de la Tesis de Posgrado para obtener el grado Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación del Dr ANTONIO ADONIS PIZA AGUILAR , con el titulo del protocolo de Investigación:

**"EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO"**

Sin más por el momento esperando vernos favorecidos con su participación, envíe un cordial saludo.

Acepto

Dulce María González Mellado

ATENTAMENTE:

**Dra Minerva Saraiba Russell**  
Directora Médica.



Anexo 13. Dictamen de aprobado comité de ética en investigación.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



**Dictamen de Aprobado**

Comité de Ética en Investigación 15018.  
HOSPITAL DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA LOMAS VERDES

Registro COFEPRIS 17 CI 15 057 074  
Registro CONBIOÉTICA CONBIOÉTICA 15 CEI 006 2018081

FECHA Viernes, 31 de marzo de 2023

**Dr. Dulce María Gonzalez Mellado**

**PRESENTE**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional

Sin número de registro

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

  
**Dr. ma gabriela ramirez gonzalez**  
Presidente del Comité de Ética en Investigación No. 15018

Anexo 14. Dictamen de aprobado comité local de investigación en salud.

SIRELCIS



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud No. 1501  
HOSPITAL DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA LUIS JIMÉNEZ

Registro COPIRETE 17 DE LA DAT 824

Registro COMEDITECA COMEDORTECA 19 003 406 200004

190117 Lomas, 07 de agosto de 2022

Doctor (a) Dulce María González Melgado

PRESENTE

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MECÁNICA PULMONAR EN LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA COMPLETA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN CENTRO** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**.

Número de Registro Institucional

R-2022-1501-003

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

Doctor (a) **Gilberto Eduardo Meza Reyes**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 1501

Prescrito

IMSS  
SEGURIDAD Y SALUD SOCIAL