

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES

Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años

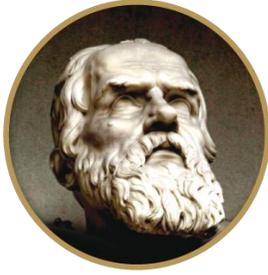


Que Presenta

Kimberly Karina Solís Sazo

Ponente

Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES

Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años

Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia
Que presenta



Kimberly Karina Solís Sazo
PONENTE
L.F.T. Keyla Natahy Sosa Guevara
DIRECTOR DE TESIS
Mtra. Antonieta Betzabeth Millan Centeno
ASESOR METODOLÓGICO

Guatemala



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES

LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA

INVESTIGADORES RESPONSABLES

**Kimberly Karina Solís Sazo
PONENTE**

**L.F.T. Keyla Natahy Sosa Guevara
DIRECTOR DE TESIS**

**Mtra. Antonieta Betzabeth Millan Centeno
ASESOR METODOLÓGICO**



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 29 de Junio de 2014

Estimada alumna:
Kimberly Karina Solis Sazo

Presente.

Respetable alumna:

La comisión designada para evaluar el proyecto "Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años", correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarla y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Itzel Dorantes
Venancio.
Secretario.

Lic. Alejandro Aguilar
Revello.
Presidente.

Lic. Keyla Natahy
Sosa Guevara.
Examinador.



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 29 de Enero de 2019

Doctora

Vilma Chávez de Pop

Decana

Facultad de Ciencias de la Salud

Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que como catedrático y asesor del curso de Tesis de la Licenciatura en Fisioterapia he revisado la ortografía y redacción del trabajo TESIS del estudiante: **Kimberly Karina Solís Sazo** titulado **"Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años"** Mismo que a mi criterio, cumple los requisitos de grado en Licenciatura en Fisioterapia.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Licda. Keyla Natahy Sosa Guevara

ASESOR DE TESIS



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 29 de Enero de 2019

Doctora
Wilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que el alumno:

Kimberly Karina Solís Sazo

De la Licenciatura en Fisioterapia, culminaron su informe final de tesis titulado: **“Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años”**. Por lo que, a mi criterio, dicho informe cumple los requisitos de forma y fondo establecidos en el instructivo para Elaboración y Presentación de Tesis de grado en Licenciatura en Fisioterapia.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Licda. Itzel Dorantes Venancio

REVISOR DE TESIS



IPETH

**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA
ASESOR METODOLÓGICO**

Nombre del Asesor	Mtra. Antonieta Betzabeth Millan Centeno
Nombre del Alumno	Kimberly Karina Solis Sazo
Nombre de la Tesina	Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes hombres con lesión medular incompleta de 25-30 años
Fecha de realización	

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a evaluar	Registro de cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
I	Formato de Página			
b.	Hoja tamaño carta.	✓		
c.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	✓		
d.	Margen izquierdo a 3.5 cm.	✓		
e.	Orientación vertical excepto gráficos.	✓		
f.	Paginación correcta.	✓		
g.	Números romanos en minúsculas.	✓		
h.	Página de cada capítulo sin paginación.	✓		
i.	Margen superior derecho mismo tipo de fuente del documento.	✓		
j.	Inicio de capítulo centrado y en mayúsculas.	✓		
K	Número de capítulo estilo romano a 8 cm del borde superior de la hoja.	✓		
l.	Título de capítulo a doble espacio por debajo del número de capítulo en mayúsculas.	✓		
m.	Times New Roman (Tamaño 12).	✓		
n.	Color fuente negro.	✓		
o.	Estilo fuente normal.	✓		
p.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	✓		
q.	Alineación de texto justificado.	✓		

r.	Interlineado a 1.5	✓		
----	--------------------	---	--	--

V

s.	Espacio entre párrafo y párrafo: Igual al interlineado.	✓		
t.	Espacio después de punto y seguido dos caracteres.	✓		
u.	Espacio entre temas 2 (tomando en cuenta el interlineado)	✓		
v.	Resumen sin sangrías.	✓		
w.	Uso de viñetas estándares (círculos negros, guiones negros o flecha.	✓		
x.	Títulos de primer orden con el formato adecuado.	✓		
y.	Títulos de segundo orden con el formato adecuado.	✓		
z.	Títulos de tercer orden con el formato adecuado.	✓		
2	Formato Redacción	Si	No	Observaciones
a.	Sin faltas ortográficas.	✓		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	✓		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medido.	✓		
d.	Continuidad en los párrafos.	✓		
e.	Párrafos con estructura correcta.	✓		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	✓		
g.	Correcta escritura numérica.	✓		
h.	Oraciones completas.	✓		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	✓		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	✓		
k.	Uso correcto de tildes.	✓		
	Empleo mínimo de paréntesis.	✓		
l.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	✓		
m.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	✓		
n.	Continuidad de párrafos: sin embargo, por otra parte, al respecto, por lo tanto, en otro orden de ideas, en la misma línea, asimismo, en contraste, etcétera.	✓		
o.	Los números menores a 10 se escriben con letras a excepción de una serie, una página, porcentajes y comparación entre dos dígitos.	✓		
p.	Indicación de grupos con números romanos.	✓		
q.	Sin notas a pie de página.	✓		
3	Formato de Cita	Si	No	Observaciones

a.	Empleo mínimo de citas.	✓		
----	-------------------------	---	--	--

vi

b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecorilladas.	✓		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	✓		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	✓		
e.	Uso de corchetes, para incluir agregados o explicaciones.	✓		

3	Formato referencias	Si	No	Observaciones
----------	----------------------------	-----------	-----------	----------------------

a.	Correcto orden de contenido con referencias.	✓		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente en su bibliografía.	✓		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	✓		

4	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones
----------	---------------------------	-----------	-----------	----------------------

a.	Agrupó y organizó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	✓		
b.	Reunió información a partir de una variedad de sitios Web.	✓		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	✓		
d.	Revisó su búsqueda basado en la información encontrada.	✓		
e.	Puso atención a la calidad de la información y a su procedencia de fuentes de confianza.	✓		
f.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	✓		
g.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	✓		
h.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	✓		
i.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	✓		
j.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	✓		
k.	Comunicó claramente su información.	✓		

l.	Examinó las fortalezas y debilidades de su proceso de investigación y producto.	✓		
----	---------------------------------------------------------------------------------	---	--	--

vii

m.	Pensó en formas para mejorar investigación.	✓		
n.	El problema a investigar ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	✓		
o.	El planteamiento es claro y preciso.	✓		
p.	Los objetivos tanto generales como específicos no dejan de lado el problema inicial y son formulados en forma precisa.	✓		
q.	El marco metodológico se fundamenta en base a los elementos pertinentes.	✓		
r.	El alumno conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.	✓		
s.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado.	✓		
t.	El capítulo II se desarrolla en base al tipo de enfoque, investigación y estudio referido.	✓		
u.	El capítulo III se realizó en base al tipo de investigación señalado.	✓		
v.	El capítulo IV proyecta los resultados pertinentes en base a la investigación realizada.	✓		
w.	Las conclusiones surgen en base al tipo de investigación realizada.	✓		
z.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	✓		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución


 Firma del Asesor en Metodología



**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA
DIRECTOR DE TESINA**

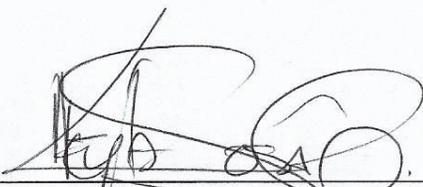
Nombre del Director	L.F.T. Keyla Natahy Sosa Guevara
Nombre del Alumno	Kimberly Karina Solis Sazo
Nombre de la Tesina	Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes hombres con lesión medular incompleta de 25-30 años
Fecha de realización	

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	✓		
2	Derivó adecuadamente su tema en base a la línea de investigación correspondiente.	✓		
3	La identificación del problema es la correcta.	✓		
4	El problema tiene relevancia y pertinencia social.	✓		
5	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	✓		
6	Evidencia el estudiante estar ubicado teórica y empíricamente en el problema.	✓		
7	El proceso de investigación es adecuado.	✓		
8	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	✓		
9	La introducción contiene los elementos necesarios, mismos que hacen evidente al problema de estudio.	✓		
10	Los objetivos han sido expuestos en forma correcta y expresan el resultado de la labor investigativa.	✓		

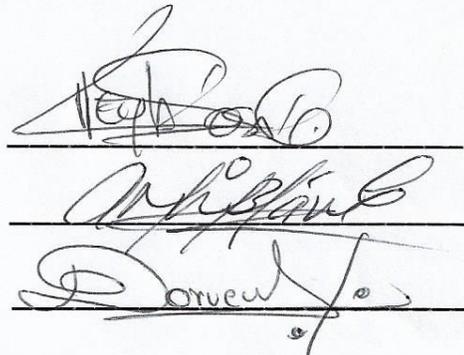
11	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	✓		
No.	Aspecto a evaluar	Si	No	Observaciones
12	Planteó claramente en qué consiste su problema.	✓		
13	La justificación está determinada en base a las razones por las cuales se realiza la investigación y sus posibles aportes desde el punto de vista teórico o práctico.	✓		
14	El marco teórico se fundamenta en: antecedentes, bases teóricas y definición de términos básicos.	✓		
15	La pregunta es pertinente a la investigación.	✓		
16	Agrupó y organizó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	✓		
17	Sus objetivos fueron verificados.	✓		
18	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	✓		
19	Los materiales utilizados fueron los correctos.	✓		
20	Los aportes han sido manifestados por el alumno en forma correcta.	✓		
21	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto	✓		
22	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	✓		
23	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	✓		
24	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	✓		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución


 Nombre y Firma Del Director de Tesina

DICTAMEN DE TESISSiendo el día 29 del mes de enero del año 2019.

Los C.C. L.F.T. Keyla Natahy Sosa Guevara
Director de Tesis
Mtra. Antonieta Betzabeth Millan Centeno
Asesor Metodológico
L.F.T. Itzel Dorantes Venancio
Coordinador de Titulación



Autorizan la Tesina con el Nombre : Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años

Realizada por el Alumno: Kimberly Karina Solis Sazo

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título como Licenciado en Fisioterapia.



**COORDINACIÓN
DE TITULACIÓN**
Firma y sello de Coordinación de Titulación



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES

LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA

TITULAR DE DERECHOS

Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor yo **Kimberly Karina Solís Sazo** como titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **Eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años**; otorgo de manera gratuita y permanente al IPETH, Instituto Profesional en Terapias y Humanidades; autorización para que se fije la obra en cualquier medio, incluido electrónico y la divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda recibir por tal divulgación una contraprestación.

Kimberly Karina Solis Sazo

29 de enero 2019

Firma

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Kimberly Karina Solis Sazo", is written over a horizontal line.

DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante todo el proceso de mi carrera, quienes fueron mi pilar para poder cumplir mi sueño, ya que sin ellos esto no hubiese sido posible. A mi familia que siempre me apoyaron y motivaron a seguir adelante.

A mis amigos con quienes juntos nos apoyamos a salir adelante, con quienes compartí risas, llantos, enojos, etc., pero a pesar de todo nunca nos dimos por vencidos y siempre salimos adelante juntos.

A cada uno de mis seres queridos que hoy ya no están conmigo, quienes no pudieron ver este logro que he alcanzado, pero se que desde el cielo se sienten orgullosos.

A todas aquellas personas inocentes que han sido víctimas de la violencia de nuestro país, que han fallecido o que han quedado con alguna secuela por consecuencia de la violencia.

Y por último y no menos importante, a Dios, porque gracias a él hoy estoy acá cumpliendo mis metas y sé que el me dará la sabiduría para salir adelante y desempeñar mi carrera con pasión, para así poder ayudar a todas aquellas personas que lo necesiten.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quiero darle gracias a Dios por haberme dado la dicha y la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera y por permitirme salir adelante para cumplir mis metas.

A mis padres, quienes nunca me abandonaron y estuvieron siempre conmigo apoyándome durante esta etapa de mi vida, quienes son el pilar y la razón por la que deseo cumplir mis sueños, y así poder pagarles de alguna manera todo el esfuerzo y sacrificio que han hecho por mi durante todo este tiempo.

A mis amigos, que estuvieron en las buenas y en las malas, con quienes juntos reímos, lloramos, pero nunca nos dimos por vencidos.

A todo el personal educativo por todo el apoyo incondicional brindado durante la realización de esta Tesis.

Y a mi casa de estudio IPETH por todo lo que me enseñaron durante toda esta carrera, por enseñarnos a valorar y amar nuestra carrera, así como a desempeñarla con pasión.

PALABRAS CLAVE

- ✓ Ejercicios respiratorios
- ✓ Lesión Medular
- ✓ Respiración
- ✓ Disfunción
- ✓ Entrenamiento

ÍNDICE PROTOCOLARIO

Portada	
Portadilla.....	i
Investigadores responsables	ii
Hoja de autoridades y terna examinadora	iii
Carta de aprobación del asesor	iv
Carta de aprobación del revisor.....	v
Listas de cotejo	vi
Dictamen de Tesis	xii
Titular de derechos	xiii
Dedicatoria	xiv
Agradecimientos.....	xv
Palabras claves.....	xvi

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1 Antecedentes Generales.....	2
1.1.1 Anatomía.....	2

1.1.1.1 Sistema Respiratorio	2
1.1.1.2 Sistema Nervioso	13
1.1.2 Fisiología de la respiración	19
1.1.3 Lesión Medular	28
1.1.3.1 Definición	28
1.1.3.2 Clasificación	29
1.1.3.3 Etiología.....	33
1.1.3.4 Factores de riesgo	33
1.1.3.5 Fisiopatología.....	34
1.1.3.6 Epidemiología	39
1.1.3.7 Diagnóstico	41
1.2 Antecedentes Específicos	44
1.2.1 Entrenamiento de los músculos respiratorios	44
1.2.2 Tabla de ejercicios respiratorios	45
CAPÍTULO II.....	50
2.1 Planteamiento del problema	50
2.2 Justificación	55
2.3 Objetivos.....	57
2.3.1 General.....	57
2.3.2 Específicos	57
CAPÍTULO III	58
3.1 Materiales y Métodos	58

3.2 Enfoque de investigación	62
3.3 Tipo de estudio	62
3.4 Método de estudio	63
3.5 Diseño de investigación.....	65
3.6 Criterios de selección	66
CAPÍTULO IV	68
4.1 Resultados.....	68
4.2 Discusión	72
4.3 Conclusiones.....	75
4.4 Perspectivas	76
REFERENCIAS	77

RESUMEN

La lesión medular es una mielopatía en donde se ve afectada la médula espinal, ocasionada muy frecuentemente por traumatismos, en la cual se produce una alteración o pérdida tanto de la movilidad como de la función sensitiva.

Los pacientes con este tipo de patología van a presentar una disfunción respiratoria dependiendo del nivel de la lesión que se haya producido. En donde se puede encontrar un compromiso respiratorio grave, pudiendo ocasionar la muerte.

En Estados Unidos la incidencia de lesión medular aguda es de aproximadamente 12.000 casos nuevos por año. Sin embargo, la incidencia en otros países desarrollados es inferior a esta; se estima que aparecen 20 nuevos casos por millón de habitantes.

En el nuevo informe de la OMS “International perspectives on spinal cord injuries”, menciona que los hombres corren mayor riesgo de sufrir LM entre los 20 y 29 años de edad, y a partir de los 70 años, mientras que las mujeres corren un mayor riesgo entre los 15 y 19 años, y a partir de los 60 años. Asimismo, según estudios publicados, la razón hombres: mujeres es al menos de 2:1 en la población adulta

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes Generales

1.1.1 Anatomía

1.1.1.1 Sistema Respiratorio

Está formado por un conjunto de órganos cuya función principal consiste en llevar el oxígeno hacia las células del organismo y eliminar del cuerpo el dióxido de carbono producido por el metabolismo celular. Los órganos que componen el sistema respiratorio son cavidades nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y los dos pulmones. En donde éstos últimos son los órganos centrales del sistema respiratorio donde se realiza el intercambio gaseoso. Ahora bien, el resto de las estructuras, llamadas vías aéreas o respiratorias, actúan como conductos para que pueda circular el aire inspirado y espirado hacia y desde los pulmones, respectivamente. (Agur MR, 2007)

Por otro lado, el término respiración designa el proceso fisiológico, por el cual tomamos oxígeno del medio que nos rodea y eliminamos el dióxido de carbono de la sangre, también conocido como respiración externa. De igual manera, sirve para designar el proceso de liberación de energía por parte de las células, procedente de la combustión de moléculas como los hidratos de carbono y las grasas (respiración interna). Se puede decir que la respiración externa es imprescindible para que tenga lugar la interna. Además, necesitamos respirar continuamente ya que nuestras células necesitan el oxígeno y sin él mueren, y por lo tanto la muerte de nuestras células nos conduce a la muerte propia. (Calleja, 2010)

Asimismo, existen dos movimientos esenciales en el trabajo ventilatorio, los cuales son: el movimiento de inspiración, en donde intervienen los músculos inspiratorios que ascienden el tórax como son los escalenos, pectoral mayor, pectoral menor, esternocleidomastoideo e intercostales; y el otro movimiento es la espiración, la cual realiza una función pasiva a través de la relajación de los inspiradores. El músculo de más importancia del aparato respiratorio es el diafragma, responsable de la ventilación y responsable de la movilización del 80% de las secreciones. Músculo espiratorio por excelencia, el recto del abdomen. Los músculos intercostales son los responsables de los movimientos costales inspiratorio y espiratorio. (Calleja, 2010)

El Sistema Respiratorio se divide en dos grandes grupos:

1. Zona Extra torácica: la cual se encuentra fuera de la cavidad torácica, y es la encargada de la entrada del aire por la nariz y los cornetos nasales y el oído medio.

2. Zona Intratorácica: formada por la tráquea, dos bronquios principales y dichos bronquios se van dividiendo en bronquios de menor tamaño, formando el árbol bronquial, a su vez en bronquiólos y finalmente en alvéolos.

Partes del Sistema Respiratorio

a) Nariz

Se divide en exterior e interior y contiene las cavidades nasales. Presenta dos orificios, llamados narinas, en donde hay unos cilios o vellos que sirven para oler. También encontramos las fosas nasales que conectan con la faringe, las cuales están divididas por el tabique nasal, que es una fina estructura ósea, expuesta a fracturas. (Calleja, 2010)

Ahora bien, la parte ósea del tabique está formada por parte del hueso etmoides y por el vómer, se localiza en el plano medio de las fosas nasales hasta el 7º año de vida. La parte cartilaginosa está formada por cartílago hialino y se llama cartílago septal. La pared interna está formada por el tabique nasal óseo y es lisa. La pared externa es rugosa debido a la presencia de 3 elevaciones óseas longitudinales: los cornetes nasales superior, medio e inferior que se proyectan hacia el interior de cada fosa nasal y se curvan hacia abajo formando canales de paso de aire que se llaman meatos. Debajo del cornete superior se encuentra el meato superior en donde desembocan los senos etmoidales. Debajo del cornete medio se encuentra el meato medio en donde desembocan los senos maxilar y frontal. Debajo del cornete inferior se encuentra el meato inferior, en donde desemboca el conducto lácrimo-nasal. (Agur MR, 2007)

b) Faringe

Es un tubo que continúa a la boca y se encuentra situado en las seis primeras vértebras cervicales. En su parte superior se comunica con las fosas nasales, en el centro con la boca y en la parte inferior se continúa con el esófago, de modo que conduce alimentos hacia el mismo, el aire hacia la laringe y los pulmones. (Agur MR, 2007)

Así mismo, se divide en 3 partes: nasofaringe, situada por detrás de la nariz y por encima del paladar blando, orofaringe, situada por detrás de la boca, y laringofaringe, situada por detrás de la laringe. Debido a que la vía para los alimentos y el aire es común en la faringe, algunas veces la comida pasa a la laringe produciendo tos y sensación de ahogo y otras veces el aire entra en el tubo digestivo acumulándose gas en el estómago y provocando eructos.(Agur MR, 2007)

c) Laringe

Es un órgano especializado que se encarga de la fonación o emisión de sonidos con la ayuda de las cuerdas vocales, situadas en su interior. Está localizada entre la laringofaringe y la tráquea y es una parte esencial de las vías aéreas ya que actúa como una válvula que impide que los alimentos deglutidos y los cuerpos extraños entren en las vías respiratorias. Está cubierta por una membrana mucosa con epitelio estratificado escamoso no queratinizado y su esqueleto está formado por 9 cartílagos unidos entre sí por diversos ligamentos. Tres cartílagos son impares: el tiroides, el cricoides y la epiglotis, y tres cartílagos son pares: 2 aritenoides, 2 corniculados o de Santorini y 2 cuneiformes o de Wrisberg. (Agur MR, 2007)

Ahora bien, estas estructuras resultan ser útiles durante el manejo de la vía aérea para diferentes maniobras como la epiglotis durante la incubación orotraqueal, o el cricoides y el tiroides para manejo invasivo de la vía aérea. (Agur MR, 2007)

- **Tiroides**

Proviene del griego thyros = escudo. Es el de mayor tamaño, formado por dos láminas que se fusionan y se prolongan en el istmo tiroideo; en la porción superior se relaciona con el hueso hioides con la membrana tirohioidea, y en la porción inferior se relaciona con el cartílago cricoides mediante la membrana cricotiroidea, sitio de referencia para los accesos invasivos; como ya se mencionó, esta membrana ofrece un mínimo riesgo de sangrado durante estos procedimientos siendo el sitio de elección y dejando la tráquea sólo para manejo de cirujanos. (Agur MR, 2007)

- **Cricoides**

Es la única estructura de la laringe que tiene cartílago en toda su circunferencia, hacia la porción anterior se estrecha en forma de arco pero hacia posterior es una lámina gruesa y cuadrada. (Agur MR, 2007)

- **Epiglotis**

Es una delgada lámina, flexible localizada en la porción supraglótica, unida anteriormente al hioides mediante el ligamento hioepiglótico y en el segmento inferior al tiroides con el ligamento tiroepiglótico. Durante la deglución se desplaza y protege la vía aérea. (Agur MR, 2007)

- **Aritenoides**

Del francés arytenoid = cucharón: se articulan con la región lateral y posterior del cartílago cricoides, da soporte a los pliegues vocales con las apófisis vocales y hacia atrás se insertan los músculos motores de la glotis. (Vidal, 2015)

- **Corniculados (Wrisberg)**

Éstos están en los ápices de los aritenoides y por su naturaleza elástica, ofrecen amortiguación al estar en completa aducción los pliegues vocales. (Vidal, 2015)

- **Cuneiformes (Santorini)**

No tienen función definida, están submucosos en el borde libre de los ligamentos ariepiglóticos. (Vidal, 2015)

d) Tráquea

Es un tubo ancho que continúa a la laringe y se encuentra recubierto por una mucosa con epitelio pseudoestratificado columnar ciliado. La luz o cavidad del tubo se mantiene abierta por medio de una serie de cartílagos hialinos (16-20) en forma de C con la parte abierta hacia atrás. Los extremos abiertos de los anillos cartilagosos quedan estabilizados por fibras musculares lisas y tejido conjuntivo elástico formando una superficie posterior plana en contacto directo con el esófago, por delante del cual descende, lo que permite acomodar dentro de la tráquea las expansiones del esófago producidas al tragar. Finaliza a nivel del ángulo esternal y de la apófisis espinosa de la 4ª vértebra torácica, al dividirse en los bronquios principales derecho e izquierdo. El arco o

cayado de la aorta en un principio es anterior a la tráquea y luego se coloca en su lado izquierdo. (Calleja, 2010)

e) Bronquios

Son dos estructuras de forma tubular y consistencia fibrocartilaginosa, que se forman tras la bifurcación de la tráquea. Al igual que la tráquea, los bronquios tienen una capa muscular y una mucosa revestida por epitelio cilíndrico ciliado. Los bronquios principales son dos tubos formados por anillos completos de cartílago hialino, uno para cada pulmón, y se dirigen hacia abajo y afuera desde el final de la tráquea hasta los hilos pulmonares por donde penetran en los pulmones. Una vez dentro de los pulmones, los bronquios se dividen continuamente, de modo que cada rama corresponde a un sector definido del pulmón. (Agur MR, 2007)

Cada bronquio principal se divide en bronquios lobulares que son 2 en el lado izquierdo y 3 en el lado derecho, cada uno correspondiente a un lóbulo del pulmón. Cada bronquio lobular se divide, a su vez, en bronquios segmentarios que corresponden a los llamados segmentos pulmonares, cada uno de los cuales tiene sus propios bronquio, arteria y vena segmentarios. Los bronquios segmentarios, a su vez, se dividen en bronquios más pequeños o bronquíolos que se ramifican en tubos más pequeños, de un modo repetido hasta formar los bronquíolos terminales. Toda esta ramificación bronquial se parece a un árbol invertido y por ello se llama árbol bronquial. (Calleja, 2010)

f) Alveolos

Son unas formaciones en forma de saco, en las que la sangre elimina bióxido de carbono y recoge el oxígeno. Existen alrededor de 300 millones de alvéolos. Los bronquiolos respiratorios se continúan con los conductos alveolares y estos con los sacos alveolares. Los sacos alveolares contienen muchas estructuras diminutas con forma de saco llamadas alvéolos pulmonares. El bronquiolo respiratorio, el conducto alveolar, el saco alveolar y los alvéolos constituyen la unidad respiratoria. (Calleja, 2010)

En los alvéolos del pulmón se lleva a cabo el intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono, proceso que se denomina hematosis. La pared de los alvéolos se reduce a una muy delgada membrana de 4 micras de grosor. Uno de sus lados contacta con el aire que llega de los bronquiolos. El otro lado se relaciona con la red capilar, donde los glóbulos rojos realizan la hematosis. (Calleja, 2010)

Dentro de los alvéolos existe un tipo de células que elaboran una sustancia que recubre el epitelio en su parte interna. Dicha sustancia es el surfactante, cuya misión es evitar que el alvéolo se colapse luego de una espiración al reducir la tensión superficial del alvéolo. “El surfactante pulmonar produce una mejor oxigenación, un aumento de la expansión alveolar y una mayor capacidad residual del pulmón. El surfactante está compuesto por un 90% de fosfolípidos y 10% de proteínas.” (Calleja, 2010)

g) Pulmones

Son los órganos esenciales de la respiración, situados dentro de la cavidad torácica, a ambos lados del corazón y protegidos por las costillas. Se encuentran ubicados uno en

cada hemitórax, con forma de cono de base amplia y ápice que alcanza por delante 2 cm por arriba de la primera costilla y por detrás a nivel de la séptima vértebra cervical. Tiene una gran variedad de funciones, pero podríamos decir que la de mayor importancia es la relacionada con el intercambio gaseoso. (Vidal, 2015)

Posee tres caras: costal, mediastínica y diafragmática. Los pulmones están separados entre sí por el mediastino, el cual es una cavidad virtual que divide el pecho en dos partes. Se ubica detrás del esternón, delante de la columna vertebral y entre ambas pleuras derecha e izquierda. Por debajo limita con el diafragma y por arriba con el istmo cervicotorácico. (Thibodeau GA, 2007)

Cada pulmón tiene la forma de un semicono, está contenido dentro de su propio saco pleural en la cavidad torácica, y está separado uno del otro por el corazón y otras estructuras del mediastino. El pulmón derecho es mayor y más pesado que el izquierdo y su diámetro vertical es menor porque la cúpula derecha del diafragma es más alta, en cambio es más ancho que el izquierdo porque el corazón se inclina más hacia el lado izquierdo. El pulmón izquierdo está dividido en un lóbulo superior, que presenta la escotadura cardíaca en donde se sitúa el corazón, y un lóbulo inferior. El pulmón derecho está dividido en tres lóbulos: superior, medio e inferior. (Agur MR, 2007)

Estas estructuras se encuentran protegidas o recubiertas por una membrana denominada la pleura; como toda serosa posee dos membranas, una que se adhiere íntimamente al pulmón (pleura visceral) y otra que reviste el interior de la cavidad torácica (pleura parietal). Entre ambas se forma una fisura (la cavidad pleural), ocupada

por una pequeña cantidad de líquido pleural que actúa como lubricante y permite el deslizamiento de ambas hojas pleurales, entre éstas existe un espacio casi virtual en el cual se encuentra el líquido pleural. (Vidal, 2015)

Los pulmones son fáciles de distender, y el proceso retroelástico de la pared torácica le ayuda a recuperar su volumen inicial de reposo. Éstos son los dos movimientos principales con relación al intercambio de gases del sistema respiratorio, la inspiración facilitada principalmente por el diafragma en un 75% y el resto por los intercostales durante el reposo; la inspiración inicia con una caída de las presiones intratorácicas haciendo que sea aún mayor la atmosférica, facilitando de este modo la entrada del aire; la espiración es casi un movimiento pasivo de la pared torácica. (Vidal, 2015)

El hilio de cada pulmón se encuentra cerca del centro de la cara interna, está rodeado por pleura y es la zona por donde pasan las estructuras que entran y salen de cada pulmón (arterias, venas, bronquios, nervios, vasos y ganglios linfáticos) formando los pedículos pulmonares que también están rodeados por pleura. De este modo los pedículos unen la cara interna de cada pulmón al corazón y la tráquea. (Agur MR, 2007)

Las ramas de la arteria pulmonar distribuyen sangre venosa en los pulmones para que éstos la puedan oxigenar. Acompañan a los bronquios de tal modo que hay una rama para cada lóbulo, cada segmento bronco-pulmonar y cada área funcional del pulmón. Las ramas terminales de las arterias pulmonares se ramifican en capilares que se encuentran recubriendo las paredes de los alvéolos. Por su parte, las arterias bronquiales son

pequeñas y transportan sangre oxigenada, para irrigar los bronquios en todas sus ramificaciones. (Thibodeau GA, 2007)

Las venas pulmonares recogen la sangre oxigenada desde los pulmones y la transportan a la aurícula izquierda del corazón. Por su parte, las venas bronquiales recogen la sangre venosa procedente de los bronquios y la llevan a la vena ácigos (derecha) y la vena hemiacigos (izquierda). (Thibodeau GA, 2007)

La circulación tiene dos componentes, uno es el encargado de llevar todo el gasto cardíaco a las redes capilares para el intercambio gaseoso y el segundo encargado de la irrigación de las vías de conducción. La arteria pulmonar maneja presiones medias de 12-20 mmHg; para recibir el gasto cardíaco de las cavidades derechas, se ramifica progresivamente en conjunto con las venas y los bronquios, diferenciándose a nivel periférico donde las venas tienden a pasar entre los lóbulos mientras las arterias pasan por el centro de éstos. (Vidal, 2015)

Los capilares tendrán un diámetro aproximado de 10 μm , dando paso a un glóbulo rojo para el proceso de intercambio y el área de la barrera hematogaseosa es de 0.3 μm , siendo alrededor de 1,000 segmentos de capilares los que se encuentran en contacto con un alveolo. Éstos están constituidos en un 80% por células tipo I las cuales tienen una función metabólica limitada, facilitando su daño ante situaciones de lesión. Las tipo II en estos eventos se replican y se tornan tipo I. Los neumocitos tipo II son los responsables de la síntesis del surfactante el cual mantiene la tensión superficial adecuada para prevenir el colapso de éstos. (Vidal, 2015)

1.1.1.2 Sistema Nervioso Central

El sistema nervioso es una red de estructuras que tienen como misión el control y regulación del funcionamiento de los diferentes órganos y sistemas. Este está organizado para detectar cambios en el medio externo e interno, evalúa la información y responde a través de ocasionar cambios en los músculos o glándulas. (Ludwing F, 2015)

Ahora bien, el sistema nervioso central (SNC) además de ser fuente de nuestros pensamientos, emociones y recuerdos; también recibe, integra y correlaciona distintos tipos de información sensorial. (Ludwing F, 2015)

El SNC está formado por el encéfalo y la médula espinal. El encéfalo es la parte contenida en el cráneo, comprendido por el cerebro, cerebelo y tronco encefálico. Ahora bien, la médula espinal está situada en el interior del canal vertebral y se conecta con el encéfalo a través del agujero occipital del cráneo. (Ludwing F, 2015).

El encéfalo

Este consta de cuatro partes principales las cuales son: El tronco del encéfalo, cerebelo y cerebro. (Ludwing F, 2015)

a) Tronco encefálico

Consta de tres partes principales, el bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencéfalo, los cuales son de vital importancia debido a que de ellos salen diez de los doce pares craneales los cuales se encargan de la inervación de estructuras situadas en la cabeza. (Ludwing F, 2015)

- **Bulbo raquídeo:** Parte del encéfalo que se une a la médula espinal, constituyendo la parte inferior del tronco encefálico. En el bulbo se localizan fascículos ascendentes (sensoriales) y descendentes (motores) los cuales se encargan de comunicar la médula espinal con el encéfalo, además de numerosos núcleos o centros (masas de sustancia gris) que regulan diversas funciones vitales, como lo es la función respiratoria, latidos cardiacos y el diámetro vascular. Existen también otros centros que se encargan de regular funciones no vitales como la tos, el vómito, el estornudo, el hipo y la deglución. De igual manera contiene núcleos que reciben información sensorial o generan impulsos motores relacionados con cinco pares craneales: nervio vestíbulo coclear (VIII), nervio glossofaríngeo (IX), nervio vago (X), nervio espinal (XI) y nervio hipogloso (XII). (Ludwing F, 2015)
- **Protuberancia:** Situada por encima del bulbo. Contiene núcleos que participan con el bulbo raquídeo tanto en la regulación de la respiración así como núcleos relacionados con cuatro pares craneales: nervio trigémino (V), nervio motor ocular externo (VI), nervio facial (VII) y nervio vestibulococlear (VIII). (Ludwing F, 2015)
- **Mesencéfalo:** Se extiende desde la protuberancia hasta el diencefalo, al igual que el bulbo y la protuberancia posee núcleos y fascículos. En su parte posterior y medial se sitúa el acueducto de Silvio, el cual es un conducto que comunica el III y IV ventrículo, en donde de igual manera continúe líquido cefalorraquídeo. Entre los núcleos que comprende el mesencéfalo se encuentra la sustancia negra y los núcleos rojos izquierdo y derecho, los cuales participan en la regulación

subconsciente de la actividad muscular. Los núcleos mesencefálicos relacionados con los pares craneales son: nervio motor ocular común (III) y nervio patético (IV). (Ludwing F, 2015)

En el tronco del encéfalo también se sitúa la formación reticular, un conjunto de pequeñas áreas de sustancia gris entremezcladas con cordones de sustancia blanca formando una red. Esta formación se extiende a lo largo del tronco encefálico y llega hasta la médula espinal y el diencefalo. Este sistema se encarga de mantener la conciencia y el despertar. (Ludwing F, 2015)

b) Cerebro

Es un órgano capaz de controlar las diversas manifestaciones del comportamiento humano. El cerebro y los nervios que se extienden por todo el cuerpo constituyen el sistema nervioso humano. Existe una parte muy importante del cerebro, denominada núcleo central, la cual está involucrada en el control de funciones básicas tales como comer y dormir. Si se recorre la médula espinal en la base del cráneo para localizar las estructuras del núcleo central del cerebro, la primera parte que se encuentra es el bulbo raquídeo. El bulbo raquídeo por su parte, controla diversas funciones corporales críticas: las más importantes son la respiración y el mantenimiento del ritmo cardíaco. A continuación se encuentra el puente, que une las dos mitades del cerebelo (el cerebelo es la parte del cerebro encargada de activar las demás partes del mismo, para producir una excitación corporal general) y se ubica junto al bulbo raquídeo. El puente, que contiene grandes conjuntos de nervios, actúa como un transmisor de información motora, coordina

los músculos, y la integración de movimientos entre las mitades derecha e izquierda del cuerpo. (Mejía, 2012)

Otra parte importante del cerebro en el control de las actividades humanas es la formación reticular, la cual se extiende desde el bulbo y pasa a través del puente. Se integra por grupos de células nerviosas que pueden activar de inmediato otras partes del cerebro para producir una excitación general del cuerpo. (Mejía, 2012)

c) Cerebelo

Se localiza encima del bulbo y detrás del puente. Sin la ayuda del cerebelo no sería posible que el ser humano fuera capaz de caminar sobre una línea recta sin moverse hacia los lados e inclinarse hacia delante: su función es controlar el equilibrio del cuerpo. Supervisa de manera continua la retroalimentación de los músculos para coordinar su ubicación, movimiento y tensión. (Mejía, 2012)

Médula Espinal

La médula espinal tiene muchas fibras nerviosas que transportan mensajes entre el cerebro y las diferentes partes del cuerpo. Los mensajes pueden ser relacionados con el movimiento, la sensación o tacto. El cuerpo también tiene un sistema nervioso autónomo que controla las actividades involuntarias del cuerpo como la presión sanguínea, la temperatura corporal y el sudor. (Velayos, 2015)

También podemos mencionar que esta se conecta con el encéfalo a través del agujero occipital del cráneo. Posee cerca de 100 millones de neuronas. Treinta y tres pares de nervios raquídeos emergen de la médula espinal y se distribuyen en una región específica de las mitades derecha o izquierda del cuerpo. Los ganglios son masas pequeñas de tejido nervioso, que contienen sobre todo cuerpos celulares de neuronas y se localizan fuera del encéfalo y la médula espinal. Se relacionan estrechamente con los nervios craneales y raquídeos. En las paredes de órganos del aparato digestivo, los plexos entéricos forman una extensa red de neuronas que participan en la regulación de dicho aparato. Los receptores sensoriales son dendritas de neuronas sensoriales o células especializadas e independientes que vigilan los cambios en el medio interno o en el entorno. (Velayos, 2015)

Debido a que la médula espinal es una parte vital de nuestro sistema nervioso, está rodeado y protegido por huesos llamados vértebras que colocadas una arriba de la otra forman la columna vertebral. (Velayos, 2015)

Las vértebras están organizadas en secciones y enumeradas de arriba hacia abajo de acuerdo con su ubicación a lo largo de la espina dorsal:

- Vértebra cervical (1-7) situada en el cuello
- Vértebra dorsal (1-12) parte superior de la espalda (unida a la caja torácica)
- Vértebra lumbar (1-5) parte inferior de la espalda
- Vértebra sacra (1-5) área de la cadera
- Vértebra coccígea (1-4 fusionadas) en el cóccix

La médula espinal también está organizada en segmentos que están identificados y enumerados de arriba hacia abajo. Cada segmento marca el punto donde los nervios raquídeos salen de la médula para conectarse con regiones específicas del cuerpo. Las ubicaciones de los segmentos de la médula espinal no corresponden exactamente con la ubicación de las vértebras, pero son aproximadamente equivalentes. (Velayos, 2015)

- Nervios raquídeos cervicales (C1 a C8) controlan las señales que van a la parte de atrás de la cabeza, al cuello y los hombros, a los brazos y las manos, y al diafragma. (Velayos, 2015)
- Nervios raquídeos dorsales (T1 a T12) controlan las señales que van a los músculos torácicos, a ciertos músculos de la espalda y a partes del abdomen. (Velayos, 2015)
- Nervios raquídeos lumbares (L1 a L5) controlan las señales que van a partes inferiores del abdomen y la espalda, los glúteos, algunas partes de los órganos genitales externos y partes de las piernas. (Velayos, 2015)
- Nervios raquídeos sacros (S1 a S5) controlan las señales que van a los muslos y a partes inferiores de las piernas, a los pies, a la mayoría de los órganos genitales externos y al área alrededor del ano. (Velayos, 2015)

El único nervio coccígeo de la médula espinal transmite la información sensitiva proveniente de la piel de la región inferior de la espalda. (Velayos, 2015)

1.1.2 Fisiología de la respiración

La respiración consiste en un intercambio gaseoso en un organismo vivo, este intercambio se realiza añadiendo al organismo oxígeno (O₂) y eliminando del cuerpo dióxido de carbono (CO₂) y esto es así, ya que el O₂ es necesario a los seres vivos en su metabolismo. Ahora bien, la sangre transporta el O₂ desde los pulmones repartiéndolo por todo el organismo y luego esta misma sangre arterial retorna a los pulmones con el CO₂ pasando a ser sangre venosa, este proceso recibe el nombre de respiración externa. (Calleja, 2010)

Las células del cuerpo requieren suministrar constantemente oxígeno para poder llevar a cabo sus actividades. Así como las células necesitan O₂, también desechan CO₂, el cual debe ser eliminado por nuestro organismo. (León, 2004)

Es sabido que los gases en general tienden a estar equilibrados, para lo cual van siempre del lugar donde están a una mayor presión, a aquellos en la presión es menor. En el aire, la presión parcial de oxígeno es de 150 mmHg y la del CO₂ es prácticamente de 0. (Mercado, 2003)

El ser humano requiere para su respiración de bases fisiológicas para el intercambio pulmonar de gases:

a) Ventilación:

El O₂ debe ir desde la atmósfera al alvéolo y el CO₂ desde el alvéolo a la atmósfera. Todo esto ocurre a través de las vías conductoras (nariz, tráquea, bronquios principales y sus bifurcaciones), en donde los gases arteriales se transportan pero no difunden a la

sangre hasta llegar a zona de los bronquios respiratorios, permitiendo la difusión de los gases a los capilares subyacentes en alguna parte de su pared y posteriormente, en las zonas respiratorias (conductos alveolares y sacos alveolares), donde verdaderamente se verifica la difusión. (Mercado, 2003)

El sistema de conducción constituye el espacio muerto anatómico, así llamado puesto que en él no existe difusión gaseosa alguna, mientras que llamamos zonas respiratorias a aquellas en las que la difusión se verifica y está constituida por el lóbulo secundario o acino. (Mercado, 2003)

A través del sistema de conducción penetran aproximadamente 500 cc de aire en cada inspiración. El espacio muerto anatómico tiene una capacidad de unos 150 cc. Este espacio queda ocupado en cada ciclo espiratorio por aire no renovado. En la inspiración los 500 cc de aire puro que entran empujan hacia el interior a los 150 cc del aire que se encuentra en el espacio muerto, llegando al alveolo una mezcla de aire de unos 350 cc de aire puro más 150 cc de aire no renovado. Esto explica que el O₂ que llega al alvéolo con cada inspiración no tiene 150 mmHg de PaO₂, como hay en el aire, sino solamente 100 mmHg de PaO₂ y tampoco llega al alveolo en cada inspiración una mez de gas sin CO₂ como está en el aire, ya que en los 150 cc de gas del espacio muerto hay una concentración de CO₂ del 7% o sea, una PaCO₂ de 46 mmHg que, al mezclarse con 350 cc de aire que no contiene prácticamente CO₂, queda reducido aproximadamente a 14 mmHg de PaCo₂. Así pues, al alveolo llegan 500cc de gas que contienen una PaO₂ de 100 mmHg y una PaCO₂ de 14 mmHg. (Mercado, 2003)

Además el aire inspirado, al pasar por la vías aéreas, se satura de vapor de H₂O, lo cual reduce la PaO₂ inspirada. Cuando llega al alvéolo esta PaO₂ aún disminuye más al mezclarse con el aire del volumen residual. (Mercado, 2003)

b) Difusión:

La arteria pulmonar, la cual parte del ventrículo derecho, está dividida en dos ramas principales, cada una de las cuales acompaña a un bronquio principal. Así mismo, cada bronquio se divide por dicotomía en dos bronquios de menor diámetro cada vez, la arteria pulmonar se divide también en dos arterias de menor diámetro, que van acompañando a cada bronquio, cada vez mas finas, hasta convertirse en arteriolas y finalmente en capilares, formando una red muy tupida que cubre los sacos alveolares de manera similar a como una media cubre una pierna. (Mercado, 2003)

El O₂ y el CO₂ tendrían que atravesar la barrera de la membrana alvéolo-capilar, para poder difundir del alvéolo al capilar o viceversa. Esta membrana está constituida por una fina capa de surfactante que lubrica al alvéolo, así como el epitelio alveolar, seguida del intersticio que hay entre el alvéolo y el capilar y, por último, por el endotelio capilar, el plasma y el eritrocito. Dicha membrana alvéolo-capilar es fina en condiciones normales (0.5 micras), pero pueden estar alterados cualquiera de las partes que la constituyen, aumentando su grosor y, por tanto, modificando la difusión en mayor o menor grado. (Mercado, 2003)

- Relación ventilación-perfusión (VA/Q)

Es de importancia tener en cuenta que existe una relación estrecha entre la ventilación, cantidad de aire que entra en el pulmón en cada inspiración; y la perfusión, flujo constante de sangre a través de los capilares pulmonares. Esta relación es el factor con más influencia sobre el intercambio de gases. Cuando la cantidad de aire que reciben los alvéolos (VA) es similar a la cantidad de sangre que la perfunden (Q), la relación VA/Q se acerca a la unidad y el intercambio de gases es óptimo. (Mercado, 2003)

En un individuo sano la relación VA/Q no es de 1 en cada alvéolo sino que, por efecto de gravedad, tanto la ventilación como la perfusión son más acusadas en las bases pulmonares. (Mercado, 2003)

- Shunt

Suponiendo que la VA y la Q fueran iguales, al final del capilar pulmonar, la composición gaseosa sería igual a la alveolar, o sea, PO₂ de 100 mm Hg, y la PCO₂ de 40 mm Hg. Pero esto no es así exactamente, ya que hay una pequeña cantidad de sangre que pasa a las cavidades izquierdas del corazón sin haberse depurado en el pulmón y que constituyen el shunt fisiológico, que normalmente es de 7%, o sea, que de los 5 L por minuto de sangre que sale del ventrículo izquierdo, el 7% (350 cc) no se ha oxigenado debidamente. (Mercado, 2003)

c) Perfusión: Circulación pulmonar (Albaladejo, 2012):

Los pulmones son órganos que reciben dos tipos de irrigación sanguínea:

- Recibe sangre de las arterias pulmonares que parten del ventrículo derecho para su oxigenación, a este proceso se le llama circulación menor. (Albaladejo, 2012)
- Es irrigado con sangre oxigenada por las arterias bronquiales, procedentes de la arteria aorta, a esto se le llama circulación mayor. (Albaladejo, 2012)

Las principales funciones del sistema respiratorio son (Albaladejo, 2012):

Realizar el intercambio gaseoso entre los alvéolos y la sangre

- ✓ Acondicionar el aire que arriba a los pulmones
- ✓ Regulación de pH en sangre
- ✓ Actúa como vía de eliminación de distintas sustancias
- ✓ Permite la fonación

Ahora bien , la circulación pulmonar juega un papel activo en el intercambio gaseoso y viceversa, la composición del gas alveolar produce cambios en la circulación pulmonar. La circulación pulmonar es muy diferente de la sistémica. Se trata de un circuito de baja presión (10-20 mm Hg) y de gran capacitancia ó adaptabilidad, con gran numero de vasos elásticos y de vasos que permanecen normalmente colapsados y pueden reclutarse durante el ejercicio. Las arteriolas pulmonares están sólo parcialmente muscularizadas, son más delgadas y poseen más tejido elástico, por lo que tienen baja resistencia a la perfusión. En la red capilar alveolar, la sangre fluye de forma casi laminar, con baja resistencia, facilitando el intercambio gaseoso. Cuando la presión de perfusión baja, algunos segmentos capilares permanecen cerrados, cuando aumenta el flujo sanguíneo pueden reclutarse y abrirse. Los vasos precapilares y los capilares constituyen el 40-50% de la

resistencia vascular total pulmonar mientras que a nivel sistémico el lecho capilar apenas contribuye a las resistencias totales. El árbol vascular pulmonar posee una gran distensibilidad. Las arterias pulmonares puede acumular 2/3 de todo el volumen sistólico del ventrículo. Es un flujo pulsátil en todo su recorrido. (Albaladejo, 2012)

La circulación pulmonar es un circuito de alto flujo, baja resistencia, baja presión y gran capacidad de reserva, lo que favorece el intercambio gaseoso, evita el paso de fluidos al intersticio y favorece la función ventricular derecha con un bajo gasto energético. Durante el ejercicio las presiones pulmonares se incrementan poco a pesar de que el flujo aumenta 3-5 veces, los capilares que estaban abiertos se distienden y aumenta su flujo hasta el doble y se reclutan capilares que estaban colapsados, triplicándose el número de capilares abiertos. El ejercicio aumenta más el gasto cardiaco que el gradiente de presión vascular pulmonar por lo que no aumenta la resistencia vascular pulmonar. Todos estos mecanismos previenen el edema pulmonar. (Albaladejo, 2012)

- Vasoconstricción pulmonar hipóxica

Las variaciones regionales de la ventilación producen también cambios en la distribución del flujo. Cuando en las unidades alveolares disminuye la ventilación y se reduce la PAO₂, se produce una vasoconstricción local que reduce la perfusión de dichas unidades y el flujo se desvía hacia unidades mejor ventiladas. (Albaladejo, 2012)

El aumento de PACO₂ tiene un efecto aditivo. El proceso se inicia a los 7 segundos de reducirse la PAO₂, es máximo en 12 minutos y tras una fase de relajación vuelve a producirse de forma progresiva. La primera fase es reversible con O₂, la segunda fase es

sólo parcialmente reversible. No se conoce bien el mecanismo bioquímico. El descenso de PAO₂ puede inhibir canales de K voltaje dependientes, permitiendo la entrada de Ca y la contracción de las células musculares lisas vasculares. El proceso se intensifica con la acidosis, el descenso de PO₂ en sangre venosa mixta y la exposición repetida a baja PiO₂. Es una respuesta adaptativa que mejora las relaciones ventilación / perfusión (V/Q) pero incrementa la resistencia vascular pulmonar. (Albaladejo, 2012)

La vasoconstricción hipóxica aparece cuando la PAO₂ es menor de 50 mmHg. Tiene mayor efecto sobre la resistencia vascular pulmonar (aumenta 40%) que sobre la presión arterial pulmonar (PAP) que aumenta 26%, sin que varíe significativamente el gasto. La inhibición de este mecanismo mediante oxigenoterapia ó vasodilatadores (calcioantagonistas, prostaglandinas, NO) puede empeorar el intercambio gaseoso al aumentar el desequilibrio V/Q. (Albaladejo, 2012)

d) Transporte Gaseoso

Una vez que el O₂ difunde a través de la membrana alvéolo-capilar, se equilibra con la plasma hasta que las presiones se igualan, siendo transportado por éste como O₂ disuelto. Pero en estas condiciones el transporte de O₂ es mínimo, y no sería suficiente ni siquiera para una mínima aportación al metabolismo celular. Es por ello por lo que, además del oxígeno disuelto, la sangre lleva una gran cantidad de O₂ combinado químicamente con la hemoglobina (Hb). Esto se origina también como consecuencia de las diferencias de presión que hay entre el O₂ del plasma y el O₂ en el interior del

hematíe, pasando al interior de éste a través de su membrana para combinarse con la hemoglobina y transformarla en Hb reducida a oxihemoglobina (HbO). (Mercado, 2003)

A través del torrente circulatorio la sangre llega al tejido, donde la mitocondria está cargada de CO₂ que se ha originado como consecuencia del metabolismo celular, y con grandes necesidades de O₂, que ha consumido en dicho proceso. Aquí se verifica de nuevo un intercambio gaseoso por la diferencia de presión, con lo que la célula toma O₂ y recoge el CO₂ que transporta a través de la sangre venosa a la aurícula derecha donde se mezcla la sangre procedente de las distintas partes del cuerpo y que llega con composiciones gaseosas diferentes dependiendo de la afinidad de los distintos tejidos por el oxígeno, y del la menor o mayor actividad celular y, por tanto, producción de CO₂, y después de mezclarse en la aurícula derecha, posteriormente en el ventrículo derecho y por último en la arteria pulmonar, queda constituida la sangre venosa mixta con una PO₂ de 60 mm Hg y una PCO₂ de 46 mm Hg, pasando finalmente al pulmón para su depuración, que se realiza a nivel alveolar, donde como siempre las presiones se equilibran pasando el CO₂ al alvéolo y eliminándose por la ventilación y O₂ del alvéolo a la sangre. (Mercado, 2003)

- Formas del transporte de oxígeno

El O₂ se transporta en sangre de dos formas diferentes:

- a. Disuelto en plasma PaO₂.
- b. Ligado reversiblemente a la hemoglobina.

El 98% del O₂ se transporta en la sangre ligado a la hemoglobina, mientras que sólo un 1-2% se transporta en el plasma. (Mercado, 2003)

El sistema circulatorio y respiratorio están íntimamente relacionados para obtener O₂ y eliminar CO₂ del cuerpo. Siendo el sistema respiratorio el responsable del intercambio de gases entre la sangre y el medio ambiente, a este proceso se le llama respiración interna. Asimismo, el sistema respiratorio participa en mantener el equilibrio ácido-base del organismo. (León, 2004)

El proceso de la respiración externa puede dividirse en 4 etapas principales:

- Ventilación pulmonar o intercambio del aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares mediante la inspiración y la espiración.
- Difusión de gases o paso del oxígeno y del dióxido de carbono desde los alvéolos a la sangre y viceversa, desde la sangre a los alvéolos.
- Transporte de gases por la sangre y los líquidos corporales hasta llegar a las células y viceversa.
- Regulación del proceso respiratorio (Thibodeau GA, 2007)

Mecánica respiratoria:

El intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono se le llama hematosis, este proceso tiene lugar entre los alvéolos y los capilares del pulmón a través de una membrana alveolocapilar semipermeable. En la inspiración, el aire ingresa a los pulmones debido a que la presión dentro de ellos es menor a la presión atmosférica. (Albaladejo, 2012)

Inspiración: Se produce una contracción del diafragma, los músculos intercostales externos, serratos anteriores y los pectorales. De igual manera la cavidad torácica se expande, los pulmones se dilatan al entrar aire oxigenado, al realizar la inspiración, el oxígeno llega a los alvéolos y pasa a los capilares arteriales. (Albaladejo, 2012)

Espiración: En este proceso intervienen los músculos intercostales internos, los oblicuos abdominales y el recto abdominal. Ahora bien, el diafragma, los músculos pectorales y los intercostales externos se relajan. La cavidad torácica reduce su volumen, los pulmones se contraen al salir aire desoxigenado y tras la espiración el aire sale de los pulmones ya que la presión en los alvéolos es mayor que la atmosférica. (Albaladejo, 2012)

La inspiración es un proceso activo, debido a que necesita del trabajo muscular. Antes de cada inspiración, la presión intrapulmonar es casi igual a la existente en la atmósfera. La espiración es un fenómeno pasivo, que solo depende de la elasticidad de los pulmones. Antes de cada espiración, la presión intrapulmonar es mayor a la atmosférica. (Albaladejo, 2012)

1.1.3 Lesión Medular (LM)

1.1.3.1 Definición

Denominamos Lesión Medular a la pérdida o alteración de la movilidad, de la sensibilidad o del sistema nervioso autónomo ocasionada por un trastorno de las estructuras nerviosas alojadas en el canal medular. (Díaz, 2012)

También llamada mielopatía, este término se refiere a los daños sufridos en la médula espinal a consecuencia de un traumatismo, de una enfermedad o degeneración. Los síntomas, que dependen de la gravedad de la lesión y su localización en la médula espinal, pueden incluir la pérdida parcial o completa de la sensibilidad o del control motor en brazos o piernas e incluso en todo el cuerpo. Las lesiones medulares más graves afectan a los sistemas de regulación del intestino, la vejiga, la respiración, el ritmo cardíaco y la tensión arterial. La mayoría de las personas con lesiones medulares sufren dolor crónico. (OMS, 2013)

1.1.3.2 Clasificación

Existen varias formas de clasificar la LM. Según su causa se puede clasificar en traumática y no traumática. De acuerdo con el mecanismo de lesión en: lesión por hiperflexión, por flexión con rotación, por hiperextensión y por compresión. Según su nivel de lesión en cervical, dorsal y lumbosacra. Y de acuerdo con la extensión, en completa e incompleta. (Strassburguer, 2009)

a) Clasificación ASIA

Pueden dividirse en:

- Lesiones medulares completas: En este tipo de lesión no existen funciones, sensibilidad ni movimientos voluntarios por debajo del nivel de la lesión. Ambos lados del cuerpo están afectados de la misma manera. (Gómez, 2014)

- Lesiones medulares incompletas: Puede ser capaz de mover más un miembro que el otro; puede sentir partes del cuerpo que no puede mover, o puede tener más funciones en un lado del cuerpo que en el otro. (Gómez, 2014)

Por ello, es muy importante determinar con la mayor exactitud el nivel de la lesión, ya que en función de esta guiaremos el futuro proceso rehabilitador. (Gómez, 2014)

La clasificación ASIA (American Spinal Injury Association) establece las definiciones básicas de los términos usados en la valoración de la lesión medular y establece una clasificación de acuerdo a cinco grados determinados por la ausencia o preservación de la función motora y sensitiva, indicando la severidad de dicha lesión y su posible pronóstico. (Gómez, 2014)

- Evaluación de la función motora: Se utiliza la escala de Daniels modificada, explorando 20 grupos musculares representativos de un determinado segmento medular (5 en cada extremidad).
- Evaluación sensitiva: Se valora dermatoma por dermatoma. Se comienza realizando un “pinchazo y punto” en el dermatoma superior, y se comienza a descender por el resto hasta el momento en el que el paciente deja de sentir. (Gómez, 2014)

Una vez hallado el punto clave tanto a nivel motor y nivel sensitivo, se procede a clasificar el nivel de la lesión: (Gómez, 2014)

- Grado A completa: Función motora y sensitiva no conservada en los segmentos sacros S4 – S5.

- Grado B incompleta: Función sensorial pero no motora conservada por debajo del nivel neurológico e incluye a los segmentos sacros S4 – S5.
- Grado C incompleta: Función motora conservada por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular menor de 3.
- Grado D incompleta: Función motora conservada por debajo del nivel neurológico, y al menos la mitad de los músculos clave por debajo del nivel neurológico tienen un grado muscular ≥ 3 .
- Grado E normal: Función sensitiva y motora son normales. (Gómez, 2014)

b) Clasificación de Frankel para lesiones medulares.

- Completa. no hay función motora o sensitiva preservada en los segmentos S4-S5. (MD, 2013)
- Sensitiva incompleta. La función sensitiva, pero no la motora está preservada el nivel neurológico e incluye los segmentos S4-S5. (toque ligero o pinchazo S4-S5 o presión profunda anal y no hay función motora preservada más allá de tres niveles por debajo del nivel motor en uno u otro hemicuerpo. (MD, 2013)
- Motora incompleta. La función motora está preservada por debajo del nivel neurológico y $> 50\%$ de los músculos principales por debajo del nivel neurológico de lesión, tienen grado muscular < 3 . (MD, 2013)
- Motora incompleta. La función motora está preservada por debajo del nivel neurológico y/o al menos la mitad o más de los músculos claves E. Normal. Si la

sensibilidad y la función motora son evaluadas y se encuentran normales en todos los segmentos. (MD, 2013)

c) Clasificación atendiendo al nivel de lesión

- Tetraplejia, la lesión se produce en los segmentos cervicales de la médula espinal (C1-C8). Este daño compromete a extremidades superiores, tronco, extremidades inferiores y órganos pélvicos. Si el compromiso es superior a C4, el individuo no puede respirar por sí mismo y se produce una tetraplejia dependiente de ventilación mecánica. (Díaz, 2012)
- Paraplejia, cuando la lesión ocurre por debajo de los segmentos cervicales. Esta denominación es común para la afectación de los segmentos dorsales, lumbares y sacros, dependiendo del nivel de lesión se verán afectados tronco, extremidades inferiores y órganos pélvicos 1,2. (Díaz, 2012)

d) Clasificación atendiendo a su extensión

- Lesión Completa: ocurre cuando se interrumpen todas las conexiones medulares por debajo de la lesión con la consiguiente pérdida de movilidad, sensibilidad e inervación autónoma. (Díaz, 2012)
- Lesión Incompleta: existe persistencia de la inervación total o parcial motora, sensitiva y autónoma. (Díaz, 2012)

1.1.3.3 Etiología

Los accidentes de tránsito son la causa más frecuente de lesión medular traumática (38,5%), incluyen tanto a los ocupantes de vehículos (coche o moto) como a los atropellos en la vía pública. Las caídas de diverso tipo son la segunda causa, con cifras ligeramente inferiores a las de los accidentes de circulación. Las causas principales en todas las series son los accidentes laborales y las caídas desde alturas (tejados, terrazas, escaleras, árboles, etc.), los intentos de suicidio son otra de las causas (5%). Las actividades deportivas representan una media de alrededor del 10%. Las lesiones de etiología no traumática han aumentado considerablemente en las últimas décadas debido al aumento de la esperanza de vida de la población general, propiciando las lesiones de vascular y neoplásica como las más frecuentes. Otras causas son las de origen congénito como el mielomeningocele o de tipo adquirido infeccioso, autoinmune, inflamatorio, desmielinizante o iatrogénico. (Díaz, 2012)

1.1.3.4 Factores de riesgo

Si bien una lesión en la médula espinal suele ser el resultado de un accidente y puede ocurrirle a cualquiera, ciertos factores pueden predisponerle a un mayor riesgo de sufrir una lesión en la médula espinal, como: (Cameron, 2017)

- **Hombres:** Las lesiones de la médula espinal afectan en mayor cantidad a los hombres. De hecho, las mujeres representan solo el 20% de las lesiones traumáticas de la médula espinal en los Estados Unidos. Esto es debido a que

personas del sexo masculino están más propensos a sufrir un accidente automovilístico ya que en su mayoría los hombres son los que conducen automóviles hoy en día. (Cameron, 2017)

- **Adultos jóvenes:** Es más probable que una persona sufra una lesión traumática de la médula espinal si posee entre 16 y 30 años. (Cameron, 2017)
- **Personas mayores:** Las caídas causan la mayoría de las lesiones en adultos mayores de 65 años. (Cameron, 2017)
- **Traumatismos:** Los accidentes automovilísticos son la causa principal de lesiones de la médula espinal en personas menores de 65 años. (Cameron, 2017)

1.1.3.5 Fisiopatología

La LM, según el nivel, puede provocar manifestaciones clínicas variadas y complejas, condicionando a la persona a una discapacidad severa y a múltiples complicaciones médicas. (Strassburguer, 2009)

Complicaciones

- **Sensaciones de la piel.** Posible pérdida de algunas o todas las sensaciones de la piel debajo del nivel neurológico de la lesión. Por lo tanto, la piel no puede enviar mensajes al cerebro cuando se ha lesionado con ciertas cosas tales como presión, calor o frío prolongados. (Moreno, 2010)
- **Control del aparato circulatorio.** Una lesión de la médula espinal puede causar problemas en el aparato circulatorio, desde presión arterial baja cuando se está de

pie (hipotensión postural) hasta hinchazón de las extremidades. Estos cambios en la circulación también pueden aumentar el riesgo de sufrir coágulos sanguíneos, como una trombosis venosa profunda o un émbolo pulmonar. Otro problema con el control del aparato circulatorio es un aumento en la presión arterial (hiperreflexia autónoma) que puede poner en riesgo la vida. (Moreno, 2010)

- **Aparato respiratorio.** La lesión puede crear dificultad al respirar y toser si se tienen afectados los músculos del abdomen y del pecho, tales como el diafragma y los músculos de la pared torácica y del abdomen. El nivel neurológico de la lesión determinará qué clase de problemas respiratorios el paciente puede presentar. Si tienes una lesión de la médula espinal a la altura del cuello o el tórax, se puede correr un mayor riesgo de tener neumonía u otros problemas pulmonares. (Moreno, 2010)
- **Tono muscular.** Algunas personas que tienen lesiones en la médula espinal padecen uno de estos dos tipos de problemas del tono muscular: contracciones o movimientos no controlados de los músculos (espasticidad) o músculos blandos y débiles que carecen de tono muscular (flacidez). El adelgazamiento y la atrofia muscular son frecuentes después de una lesión de la médula espinal. La movilidad limitada puede dar lugar a una forma de vida más sedentaria y poner en riesgo de sufrir obesidad, enfermedad cardiovascular y diabetes. (Moreno, 2010)
- **Dolor.** Algunas personas pueden padecer dolor, como dolor muscular o articular, debido al uso excesivo de grupos de músculos particulares. También puede

producirse una neuralgia después de una lesión de la médula espinal, especialmente en alguien que tiene una lesión parcial. (Moreno, 2010)

Manifestaciones Clínicas

Según el nivel de la lesión medular, van a existir, por tanto, signos claves que se detallarán posteriormente, que nos van a ayudar a localizar las lesiones medulares en un segmento concreto. Destacan los siguientes:

- El nivel sensitivo indica daño en el tracto espinotalámico, pudiendo localizarse la lesión medular uno o dos segmentos por encima del nivel sensitivo, en el caso de lesiones medulares unilaterales. Si la lesión es bilateral, el nivel lesional coincide con el sensitivo. (Hauser, 2006)
- Pérdida de la función sensitiva en el dermatoma correspondiente. (Hauser, 2006)
- Signos de afectación de segunda motoneurona/arco reflejo en el segmento correspondiente (miotomas), indicando el nivel, tanto el reflejo miotático o reflejo cutáneo que esté abolido o hipoactivo, como la presencia de atrofia, fasciculaciones o debilidad en los músculos inervados por uno o varios segmentos medulares. (Byrne, 2010)

Esta combinación de signos clínicos es variable en función de las características de la lesión medular, dando lugar a una semiología u otra según la afectación longitudinal, craneocaudal, y según la extensión lesional, a nivel transversal, ocasionando los distintos síndromes medulares. En lo que se refiere al eje transversal, existen signos claves, iniciales, que nos van a situar una lesión a nivel extramedular o intramedular. Estos son la

afectación preferentemente de vías segmentarias en el caso de lesiones extramedulares, frente a la alteración predominante de vías largas en el caso de las intramedulares, con signos unilaterales y más localizadores en las primeras. (Byrne, 2010)

En ocasiones estos síntomas o signos son comunes en varios niveles, como ocurre en las lesiones cervicales y dorsales altas por alteración de las vías largas. Así pues, nos va a ser de gran utilidad, en la semiología medular, la combinación de signos segmentarios por afectación de segunda motoneurona, situados en el nivel lesional, con los de vías largas o de primera motoneurona, por debajo del nivel de lesión. (Hauser, 2006) (Byrne, 2010)

Lesión Primaria

Es el daño inicial, generalmente mecánico, que puede incluir fuerzas de tracción y compresión. Afecta tanto al SNC como periférico (SNP). Simultáneamente a la disrupción de los axones y a la lesión de las neuronas se presenta un daño a nivel vascular de la médula. Esto provoca microhemorragias en la materia gris que se extienden radial y axialmente en las horas sucesivas. (Strassburguer, 2009)

A los pocos minutos del daño inicial la médula presenta una inflamación que ocupa todo el canal medular en el nivel de lesión. Cuando este edema medular sobrepasa la presión capilar venosa, aparece una isquemia secundaria. La autorregulación del flujo sanguíneo se detiene y el shock neurogénico lleva a una hipotensión sistémica que incrementa la isquemia. (Strassburguer, 2009)

Esta isquemia activa una serie de eventos fisiopatológicos de daño secundario constituidos por una “cascada bioquímica” que favorece la liberación de sustancias tóxicas de las membranas neuronales dañadas y el cambio del equilibrio hidroelectrolítico, que agrava el daño mecánico inicial lesionando matando a las neuronas vecinas. (Strassburguer, 2009)

b) Lesión Secundaria

Tras la lesión la hipoperfusión, que se inició en la sustancia gris, se extiende a la sustancia blanca que la rodea. Esta hipoperfusión disminuye o bloquea totalmente la propagación de los potenciales de axón favoreciendo el shock medular. La liberación de sustancias tóxicas, específicamente del glutamato, se incrementa sobreexcitando a las células neuronales periféricas que permiten la entrada en grandes cantidades de iones de calcio; lo cual desencadena la liberación de más radicales libres, provocando la muerte de células previamente sanas. Esto no solo afecta a las neuronas sino también a los oligodendrocitos (células productoras de mielina); lo cual explica porqué los axones no dañados también se encuentran desmielinizados y, por lo tanto, incapaces de transmitir impulsos o señales tras la lesión medular. ((Strassburguer, 2009)

En el caso de las LM no traumáticas la lesión primaria será específica para cada enfermedad. Sin embargo, la excitotoxicidad (liberación de glutamato y de radicales libres) también contribuye a la lesión secundaria de la sustancia blanca y de los oligodendrocitos. Antes de continuar, es importante distinguir entre el shock medular y el shock neurogénico; ya que su tratamiento es totalmente distinto. (Strassburguer, 2009)

c) Shock Medular y Shock Neurogénico

El shock medular es un estado fisiológico transitorio, en el cual desaparece la función refleja de la médula por debajo de la lesión con la pérdida asociada de las funciones sensitivomotoras, incluyendo la pérdida del tono rectal. Inicialmente se acompaña de hipertensión arterial sistémica debido a la liberación de catecolaminas, seguida de una hipotensión marcada. Aparece una parálisis flácida que incluye la hiporreflexia vesical e intestinal. Toda esta sintomatología puede durar de unas horas a unos días hasta que la actividad refleja (arco reflejo) por debajo de la lesión vuelve a funcionar. (Strassburguer, 2009)

El shock neurogénico se manifiesta mediante la triada de hipotensión, bradicardia e hipotermia. Se presenta con mayor frecuencia en lesiones por encima de T6 debido a la disfunción del sistema nervioso autónomo (SNA) con la interrupción del sistema simpático entre T1-L2 y a la falta de oposición del tono vagal, que provoca una disminución de la resistencia vascular periférica con vasodilatación. (Strassburguer, 2009)

1.1.3.6 Epidemiología

Actualmente no existen datos fiables sobre la prevalencia de LM, ya que las causas de LM no traumática son variadas y falta un registro fiable a nivel mundial y, por tanto en nuestro país, sobre ellas. Por esto lo único que se puede afirmar es que en las últimas décadas la epidemiología de la LM ha cambiado con un mayor porcentaje de tetraplejas y lesiones completas. Además actualmente se sabe que la LM traumática se presenta más

frecuentemente en menores de 40 años mientras que la no traumática en personas mayores de dicha edad. (Strassburguer, 2009)

La incidencia de lesionados medulares del 2006 al 2009 que recibieron tratamiento rehabilitativo integran según el Sistema de Información Gerencial del Hospital General de Rehabilitación del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, fueron 175 pacientes, las edades de riesgo están comprendidas entre 15 – 45 años con un total de 123 pacientes (70%) y mayores de 45 años 52 pacientes (30%) del total el 87.42 % corresponde al sexo masculino (153 pacientes) y el 12.57 % (22 pacientes) al sexo femenino. Con relación al tipo de riesgo obtenemos los siguientes datos: Accidente de trabajo 15 %, Accidente común 62 % y Enfermedad 23 %. (Mendoza, 2014)

En Estados Unidos (EEUU) la incidencia de lesión medular aguda es de aproximadamente 12.000 casos nuevos por año. Sin embargo, la incidencia en otros países desarrollados es inferior a esta; se estima que aparecen 20 nuevos casos por millón de habitantes. La prevalencia de lesión medular en EEUU es aproximadamente de 250.000-300.000 personas. En los estudios sobre la incidencia de la lesión medular en la década de los 70 se observaba que la edad media para sufrir la lesión medular era de 28.7 años. Sin embargo, en estudios más recientes se ha observado que ha habido un incremento de esta edad media hasta situarse en la actualidad en torno a los 40 años, fruto del incremento del riesgo de sufrir una lesión medular en edades más tardías. Un dato a tener en cuenta es que la relación entre hombres y mujeres es de 8 a 2. (Gómez, 2014)

Las enfermedades del sistema respiratorio, en especial la neumonía, son la primera causa de muerte tanto en el primer año como en los años siguientes tras sufrir la lesión medular. La segunda causa de mortalidad es la patología cardíaca, seguida de la patología infecciosa asociada frecuentemente a las úlceras por presión, infecciones urinarias o respiratorias. (Gómez, 2014)

1.1.3.7 Diagnóstico

El principal motivo de consulta o sintomatología referida por el paciente suele ser debilidad y/o pérdida de la función sensitiva. Es importante recordar que la LM en etapa aguda es un proceso dinámico; por lo que una lesión incompleta puede evolucionar a completa, o el nivel de lesión inicial puede subir o bajar uno o dos niveles durante las primeras horas tras el daño inicial. (Strassburguer, 2009)

El diagnóstico suele ser más sencillo cuando la debilidad y pérdida de la función sensitiva aparece tras una lesión traumática. Pero incluso en esos casos es importante recordar que no todas las LLMM de origen traumático tienen una lesión ósea, como es el caso del síndrome de SCIWORA. Por otra parte, no todas las LLMM tienen un origen traumático. (Strassburguer, 2009)

Ante la sospecha de una LM se debe examinar el sistema nervioso por completo para descartar etiologías distintas a la LM adquirida y, en el caso de LM traumática, daños a otro nivel (por ejemplo, a nivel cerebral por traumatismo craneocefálico) y/o lesiones medulares múltiples (en más de un nivel). Una buena valoración de la clínica puede

traducirse en el diagnóstico oportuno con un menor número de pruebas diagnósticas. (Strassburguer, 2009)

Cualquier daño en la médula espinal primario o secundario, repentino o gradual, interrumpe la comunicación de las vías motoras y/o sensitivas, dando como resultado grados variables de alteraciones en la motricidad, en la sensibilidad y en la función autónoma. (Strassburguer, 2009)

El cuadro clínico depende del grado y del nivel de la lesión. Una lesión completa implica la ausencia total de movilidad y sensibilidad en segmentos sacros. Sin embargo, puede tener algún grado de preservación parcial sensitiva y/o motora dos o tres dermatomas por debajo del nivel de la lesión. Por el contrario, en una lesión incompleta existe un grado variable de función en los segmentos sacros. (Strassburguer, 2009)

Como se ha mencionado previamente, la LM puede deberse a múltiples causas; por lo que la principal dificultad diagnóstica aparece en la identificación del origen de la misma (sobre todo en el caso de las no traumáticas). Esto es importante ya que, de acuerdo con la causa, el tratamiento y el pronóstico pueden variar. Por ejemplo, no tiene el mismo tratamiento ni pronóstico una LM debida a una compresión por un absceso intramedular (proceso infeccioso) que una lesión por una compresión medular metastásica (proceso neoplásico), aunque ambas se presenten como una LM incompleta nivel D8 como consecuencia del diagnóstico primario. (Strassburguer, 2009)

También es importante realizar el diagnóstico diferencial con las diversas patologías degenerativas del sistema nervioso que, primaria o secundariamente, pudieran

presentarse con una LM; tales como esclerosis múltiple, enfermedades de la neurona motora (ELA, parálisis bulbar progresiva, atrofia muscular progresiva,...), polineuropatías periféricas (síndrome de Guillain Barré, neuropatías hereditarias, síndrome post-polio, polineuropatía del estado crítico). (Strassburguer, 2009)

En todos estos casos es importante identificar si la patología afecta a la médula espinal o no y, en el primer caso, identificar el momento en que lo hace. Por ejemplo, sabemos que la esclerosis múltiple es una enfermedad autoinmune que afecta tanto al cerebro como a la médula espinal. No siempre produce una LM. Pero en esta patología, como en muchas otras enfermedades crónico-degenerativas del SNC, la médula puede verse afectada en mayor o menor medida. Por esto es importante identificar si existe daño a nivel medular o no. En el caso de que se observe algún daño a nivel de la médula, se debe considerar al paciente también como un lesionado medular. (Strassburguer, 2009)

La principal diferencia con las LLMM traumáticas radica en la posibilidad de progresión de la enfermedad; por lo que el tratamiento médico variará según el diagnóstico definitivo mientras que el tratamiento rehabilitador se orientará de acuerdo a la sintomatología y a las necesidades de cada caso. (Strassburguer, 2009)

1.2 Antecedentes Específicos

1.2.1 Entrenamiento de los músculos respiratorios

Hay tres principios de entrenamiento que se han establecido para todos los músculos esqueléticos: la sobrecarga, la especificidad y la reversibilidad. Estos también se aplican a los músculos respiratorios. (Illi, 2012)

a) Sobrecarga

Para mejorar la capacidad de trabajo de los músculos respiratorios estos deben ser sobrecargados. Se puede aplicar mediante la alteración de la duración (volumen), intensidad, frecuencia o densidad. Los niveles aceptados de la duración, intensidad y frecuencia utilizados para los músculos inspiratorios son:

- Intensidad = 50-70% de 1 inspiración máxima (generalmente, se produce fallo a las 30 respiraciones, o 2-3 minutos)
- Volumen = 2-3 series x 30 respiraciones
- Frecuencia = dos veces al día (Illi, 2012)

b) Especificidad

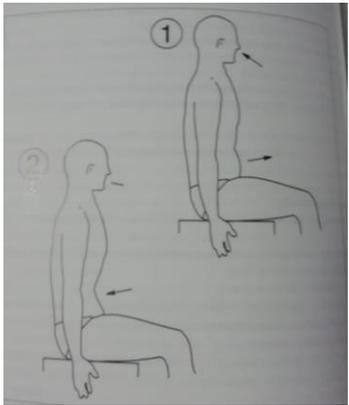
La naturaleza de la respuesta al entrenamiento depende del tipo de estímulo.

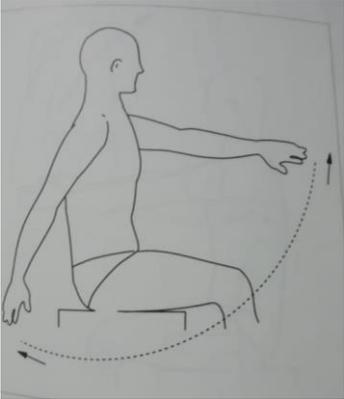
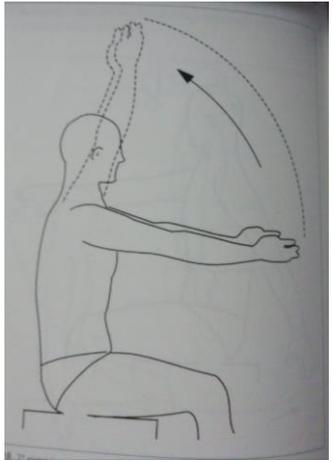
- Fuerza: músculos respiratorios responden a alta carga y baja densidad (descanso).
- c) Resistencia: Aunque la mejora de la resistencia respiratoria se puede lograr con baja carga y alta frecuencia, también es posible mejorar la resistencia a través de entrenamiento de la fuerza (pero no tan evidentemente, al revés). (Illi, 2012)

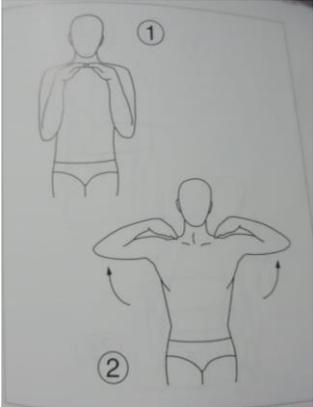
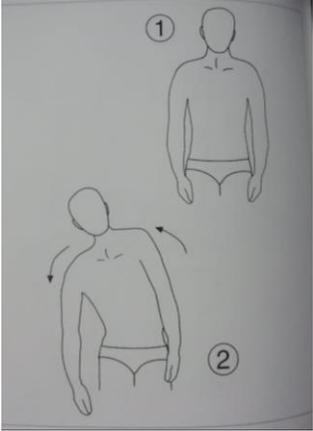
d) Volumen pulmonar

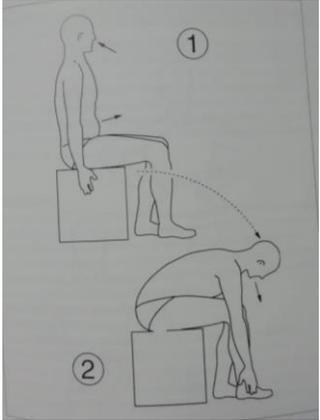
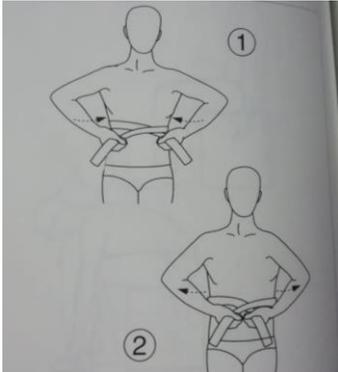
El trabajo de los músculos inspiratorios debería llevarse a cabo durante el mayor rango de volumen posible del pulmón, al igual que hacemos con el sistema músculo-esquelético. Iniciar lo más cerca posible al volumen residual (exhalación máxima) y terminar lo más cerca posible a la capacidad pulmonar total (inhalación máxima). (Illi, 2012)

1.2.2 Tabla de ejercicios respiratorios

AUTOR	EJERCICIO	DOSIFICACIÓN	IMAGEN
(Mercado, 2003)	Posición inicial: Sentados en una silla o banco, con la espalda recta, y los brazos a los lados del cuerpo, los hombros relajados y las piernas separadas del asiento y separadas entre sí. Iniciar la tabla haciendo respiración diafragmática: tomar aire por la nariz inflando el abdomen y dejando el tórax quieto, y expulsarlo por la boca lentamente soplando y contrayendo el abdomen.	Realizar respiraciones diafragmáticas durante 1-2 minutos.	

	<p>Ejercicio 1: Relajación de brazos:</p> <p>En la posición inicial lleve los brazos hacia adelante y atrás balanceándolos, muy relajados hasta que note que pesan las manos, después irá parando lentamente. En este ejercicio no se controla el ritmo de la respiración.</p>		
	<p>Ejercicio 2: Movilización de la caja torácica y expansión pulmonar bilateral: En la posición inicial se enlazan las manos por delante del cuerpo. Subir los brazos al máximo a la vez que se toma aire profundamente por la nariz, y bajarlos lentamente a la vez que se expulsa el aire soplando por la boca.</p>	<p>De 10 a 15 veces o a tolerancia del paciente.</p>	

	<p>Ejercicio 3: En la posición inicial se apoyan las puntas de los dedos sobre las clavículas con los brazos flexionados sobre el tórax y los codos por delante. Elevar los codos y separar al máximo, respirando profundamente por la nariz y bajarlos lateralmente soplando lentamente por la boca hasta poner los codos por delante del tórax.</p>		
	<p>Ejercicio 4: Movilización de columna y bases pulmonares: En la posición inicial respirar profundamente por la nariz y soplar lentamente por la boca a la vez que se inclina lateralmente, volver al centro respirando profundamente e inclinarse al otro lado soplando.</p>	<p>De 10 a 15 veces o a tolerancia del paciente.</p>	

	<p>Ejercicio 5: Posición inicial. Tomar aire por la nariz inflando el abdomen y soplar lentamente por la boca a la vez que se inclina hacia adelante con el cuerpo muy relajado. Volver a la posición inicial tomando aire por la nariz y expulsándolo mirando al frente. Volver a inhalar aire por la nariz e inclinarse soplando,</p>		
	<p>Ejercicio 6: Movilización de las bases pulmonares, ayudándose de un cinturón de lona: Colocar el cinturón alrededor del tórax en la parte más baja, cruzar los extremos por delante, tomando el extremo derecho con la mano izquierda y el extremo izquierdo con la mano derecha. Respirar por la nariz manteniendo flojo el cinturón y soplar lentamente a la vez que se aprieta el cinturón hasta que se termina de expulsar el aire, volver a</p>	<p>De 10 a 15 veces o a tolerancia del paciente.</p>	

	tomar aire intentando separar el cinturón con el tórax a la vez que van aflojándolo lentamente y soplar de nuevo apretándolo.		
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

CAPÍTULO II

2.1 Planteamiento del problema

La Lesión Medular (LM) se define como un proceso patológico de etiología múltiple, que afecta a la Médula Espinal (ME), dando como resultado una alteración temporal o permanente de la función motora, sensitiva y autonómica. La ME sufre un daño que conlleva a un déficit neurológico, con efectos a largo plazo que permanecen a lo largo de la vida. (Strassburguer, 2009)

Por otra parte, la LM posee como consecuencia trastornos respiratorios que, debido al grado y localización de la lesión, pueden provocar una disfunción en la musculatura asociada, asimismo, el tiempo de evolución puede inducir una serie de alteraciones en su trofismo y funcionamiento. Ahora bien, en las lesiones completas, los músculos inervados por debajo del nivel medular afectado no son funcionales. Sin embargo, el grado de compromiso de la musculatura respiratoria es variable en pacientes con lesiones incompletas. Por esa razón, la afección parcial de esta musculatura puede

provocar una disminución de los volúmenes pulmonares y la capacidad ventilatoria. (Rodríguez, 2015)

En esta línea de ideas, el compromiso diafragmático es un aspecto crucial que influye en el pronóstico, en la etapa aguda de este tipo de pacientes. La función respiratoria presenta una alteración de tipo restrictivo, generando una disminución del compliance toraco-pulmonar, dependencia postural de la capacidad vital y debilidad de la musculatura respiratoria, principalmente de los músculos inspiratorios. “La restricción, asociada a la tos inefectiva puede producir retención de secreciones, atelectasias, insuficiencia respiratoria y neumonía, colocándose esta última como la principal causa de muerte”. (Rodríguez, 2015)

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) brinda datos muy importantes, en donde menciona que “aproximadamente entre 250,000 y 500,000 personas sufren cada año en todo el mundo lesiones medulares, siendo en su mayoría lesiones debido a causas prevenibles, como accidentes de tránsito, caídas o actos de violencia”. Por consiguiente, las personas con LM son entre dos y cinco veces más propensas a morir prematuramente que las que no los padecen; ahora bien, las tasas de supervivencia más bajas corresponden a los países de pobres y medianos ingresos. Sin embargo, no existen estimaciones fiables de su prevalencia mundial, pero se calcula que esta oscila entre 40 y 80 casos por cada millón de habitantes. Por esa razón, hasta un 90% de esos casos, se deben a causas traumáticas, aunque la proporción de LM de origen no traumático parece ir en aumento. En este sentido, esta patología se asocia a menores tasas de escolarización y participación económica, suponiendo un costo importante, tanto para

quienes las padecen, como para la sociedad en su conjunto. (OMS, Organización Mundial de la Salud, 2013)

En el nuevo informe de la OMS “International perspectives on spinal cord injuries”, menciona que los hombres corren mayor riesgo de sufrir LM entre los 20 y 29 años de edad, y a partir de los 70 años, mientras que las mujeres corren un mayor riesgo entre los 15 y 19 años, y a partir de los 60 años. Asimismo, según estudios publicados, la razón hombres: mujeres es al menos de 2:1 en la población adulta. (OMS, Organización Mundial de la Salud, 2013)

Por otro lado, se cree que en Estados Unidos existen entre 183,000 a 230,000 millones de personas con lesiones medulares, donde se reportan 100,000 casos nuevos por año, teniendo como principal causa, los accidentes de tránsito en un 38.5%, seguido por actos de violencia entre un 5-29%, caídas 17-21%, y actividades recreativas 7-16%. Ahora bien, la edad promedio de sufrir una lesión medular es 32.1 años, donde hay una mayor frecuencia entre edades de 15-25 años, siendo en mayor cantidad varones, en una relación 4:1 en comparación con el sexo femenino. (Gómez, 2014)

Visto de este modo, la revista médica de Costa Rica y Centroamérica evalúa el importante impacto que las lesiones medulares han representado a la sociedad y economía de los países desarrollados y no desarrollados, teniendo grandes consecuencias en la afección de los individuos y sus familias, valorando así los gastos por persona de entre 28-55 millones de colones en Costa Rica. (Brenes, 2016)

En esta línea de ideas, según un estudio descriptivo realizado por la Doctora Claudia Gaytán de la Universidad de San Carlos de Guatemala en febrero del 2015, nos indica que existe un predominio de consultas de pacientes con LM de sexo masculino comprendidos entre las edades de 40 y 65 años. En ese caso, el estudio demostró que el 89% son procedentes de un departamento del interior de la República de los cuales el 42% evidenció padecer algún diagnóstico. Ahora bien, las causas más frecuentes de las LM en Guatemala son los accidentes secundarios a la violencia social que se vive, de los cuales los traumas por herida por proyectil de arma de fuego se encuentran con un 38 %, accidentes comunes 27%, accidentes laborales un 7%, enfermedad 5% y otras. Por lo tanto, son más comunes en jóvenes, con edades entre los 20 y 50 años, con un segundo pico a los 60-65 años, afectando predominantemente al sexo masculino. (Gaytán, 2015)

Por lo anterior, en Guatemala la falta de profesionales del área de Fisioterapia genera un problema significativo en el país, dado que ésta es una ciencia que ayuda a otras disciplinas del área de la salud a mantener y restaurar la salud y el bienestar de cada individuo.

Ahora bien, la poca información sobre la discapacidad respiratoria y específicamente en el lesionado medular se ha convertido en un gran problema, tomando en cuenta el impacto que esto genera en la sociedad guatemalteca, en donde los profesionales de fisioterapia no poseen el conocimiento adecuado sobre las diferentes técnicas que se pueden utilizar en la rehabilitación respiratoria de cada paciente.

Asimismo, surge un poco interés por parte de los profesionales de ésta carrera, hacia las diferentes técnicas existentes, afectando de esta manera el desarrollo profesional y el crecimiento como gremio. Asociado a todo esto, la existencia de profesionales encargados de las técnicas respiratorias desplazan la entidad del fisioterapeuta dentro del tratamiento de la fisioterapia respiratoria e impide de igual manera que el fisioterapeuta a través de su análisis del movimiento corporal humano y de su conocimiento de la musculatura como lo es en este caso del diafragma, pueda abordar integralmente al paciente, con el fin de poder potenciar sus capacidades y volúmenes pulmonares, que como se dijo anteriormente se ven afectados. Por lo tanto, nuestra pregunta inicial es ¿Cuál es la eficacia de los ejercicios respiratorios no específicos como entrenamiento de los músculos respiratorios para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes masculinos con lesión medular incompleta de 25-30 años de acuerdo a la revisión de la literatura científica?

2.2 Justificación

Esta investigación tiene como fin determinar la eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios respiratorios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes hombres con lesión medular incompleta de 25-30 años, para mejorar su calidad de vida. Tomando en cuenta la importancia y el impacto que genera en la rehabilitación del paciente, debido a que en la actualidad esta patología representa un alto porcentaje de discapacidad a nivel mundial, generando diversos problemas respiratorios que en muchas ocasiones no se les da la importancia necesaria, es por ello, que se hace trascendental conocer cómo la fisioterapia respiratoria influye en la rehabilitación y mejora de la calidad de vida en este tipo de pacientes.

Ante todo, con la intención de incentivar a los profesionales a que conozcan más sobre esta rama de la fisioterapia, dando a conocer los ejercicios específicos que pueden ser utilizadas como tratamiento de esta patología, realizando una investigación sobre ésta y los problemas respiratorios que pueden presentar. Puesto que, las complicaciones respiratorias son la principal causa de muerte en la fase aguda de una lesión medular traumática.

Así pues, es importante que el fisioterapeuta como profesional del sistema neuromusculoesquelético sea el encargado de establecer el control muscular en pacientes con este tipo de lesiones, con el fin de lograr fortalecer y recuperar las actividades de estos.

Además, la Fisioterapia, al igual que el resto de los sectores del campo biomédico, no puede actuar como un ente aislado, sino que desde su posición particular colabora dentro del equipo multidisciplinario de salud, cuya función es asegurar la calidad de vida de la sociedad.

Por consiguiente, se desea incentivar tanto a profesionales como personas particulares a que puedan conocer sobre la importancia de la fisioterapia respiratoria en este tipo de pacientes, recolectando información acerca de los ejercicios específicos para el trabajo de la disfunción de la musculatura ventilatoria, asimismo, realizando graficas que manifiesten la efectividad de este tipo de tratamiento.

2.3Objetivos

2.2.1 Objetivo General:

Determinar la eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios respiratorios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes hombres con lesión medular incompleta de 25-30 años

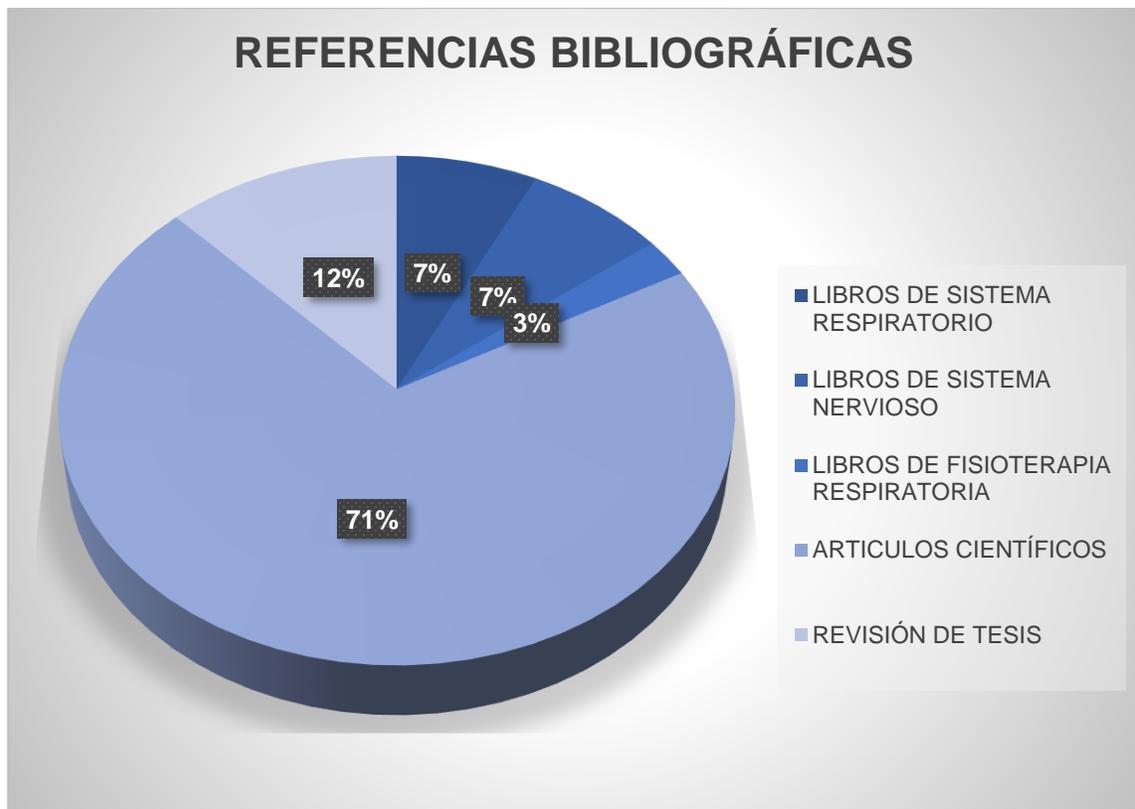
2.2.2 Objetivos Particulares:

- Recolectar información acerca de la deficiencia de la musculatura respiratoria en la lesión medular.
- Exponer los ejercicios respiratorios no específicos como tratamiento para la disfunción de la musculatura ventilatoria en el lesionado medular.
- Conocer los beneficios de los ejercicios respiratorios no específicos en la mejora del trabajo respiratorio en pacientes con lesión medular.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Materiales y Métodos



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	CANTIDAD
Libros de Sistema Respiratorio	3
Libros de Sistema Nervioso	3
Libros de Fisioterapia Respiratoria	1
Artículos Científicos	29
Revisión de Tesis	5

En la presente gráfica y tabla se hace referencia a las diferentes bibliografías utilizadas para la investigación, en donde se utilizaron 7 libros como referencias, de los cuales 3 fueron de sistema respiratorio, 3 de sistema nervioso y 1 de fisioterapia respiratoria. De igual manera se utilizó información de 29 artículos científicos y 5 revisiones de tesis. En donde se realizó una gráfica de pastel representando los porcentajes de cada referencia, así como una tabla indicando las cantidades de cada uno.

VARIABLES

Tipo de variable	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Fuentes
Independiente	Ejercicios respiratorios no específicos	Consiste en un conjunto de ejercicios que pretenden mejorar	Se consideran ejercicios respiratorios no específicos debido	(Mercado, 2003)

		la función ventilatoria y respiratoria del organismo.	a que no trabajan hacia un músculo específico, ayudando a mejorar el patrón ventilatorio. Los cuales se utilizaron como tratamiento de investigación en pacientes con Lesión medular.	
Dependiente	Lesión medular	Se refiere a los daños sufridos en la médula espinal a consecuencia de un traumatismo, de una enfermedad o degeneración. Se define también como un proceso	Se considera un daño a nivel de la médula espinal en donde trae como consecuencia una alteración ya sea parcial o total de la función motora, sensitiva y	(OMS, Organización Mundial de la Salud, 2013); (Strassburguer, 2009)

		<p>patológico de etiología múltiple, que afecta a la Médula Espinal (ME), dando como resultado una alteración temporal o permanente de la función motora, sensitiva y autónoma.</p>	<p>autónoma. Se investigó el tratamiento de este tipo de lesión por medio de los ejercicios respiratorios no específicos para la disfunción ventilatoria en este tipo de pacientes.</p>	
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

En consecuencia, a lo antes escrito las variables de investigación son independientes y dependientes, en donde la variable independiente en este caso son los ejercicios respiratorios no específicos los cuales se utilizaron como tratamiento de investigación para los pacientes con lesión medular. La variable dependiente es el tipo de patología como lo es en este caso la lesión medular, en la cual debido a la disfunción motora que presentan a nivel respiratorio dependerá de los ejercicios respiratorios no específicos como tratamiento para este tipo de pacientes.

3.2 Enfoque de investigación

Enfoque cualitativo:

Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. También se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. (Sampieri, 2014)

Debido a lo antes descrito la investigación es de enfoque cualitativo ya que se está aplicando una investigación de análisis de información, no existiendo una manipulación ni estimulación de la realidad del tema, sino que un metaanálisis para promover la descripción de una investigación científica. En la cual al finalizar la investigación se realizó una hipótesis de los resultados obtenidos.

3.3 Tipo de estudio

Estudio descriptivo:

Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación. (Arias, 2006)

Este tipo de estudio considera al fenómeno estudiado y sus componentes, de igual manera miden conceptos y definen variables. Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri, 2014)

Se utilizó este tipo de estudio ya que nuestro objetivo es poder conocer la eficacia de los ejercicios respiratorios en pacientes con lesión medular, tomando en cuenta las variables seleccionadas en la investigación, y así mismo definir las características y conclusiones importantes obtenidas durante la investigación realizada.

3.4 Método de estudio

Método analítico:

El Método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (Hurtado & Toro, 2007)

La finalidad del análisis radica, pues, en conocer las partes de un todo, determinar los nexos o relaciones que hay entre ellas y las leyes que rigen su desarrollo. Este método es la base fundamental de los enfoques epistemológicos analíticos (positivismo), que en la práctica utiliza el método hipotético deductivo, por eso vemos como al usarlo, se va descomponiendo la realidad al proceder a “delimitar el problema” en el tiempo, en el espacio y en cuanto a los diferentes factores (variables) que lo componen, de los cuales, a veces, se toman sólo algunos para ser estudiados. (Hurtado & Toro, 2007)

El análisis como proceso desintegrador de las partes del todo, sólo alcanza su máximo desarrollo con la unión de las partes, nuevamente, en el todo. Es decir, la potencialidad de estos métodos se expresa en su condición de procesos complementarios y mutuamente necesarios. (Hurtado & Toro, 2007)

El método de estudio de esta investigación es de tipo analítico debido a que se realizó un análisis de la eficacia del entrenamiento de los músculos respiratorios con ejercicios no específicos para la disfunción de la musculatura ventilatoria en pacientes hombres con lesión medular incompleta de 25-30 años, así mismo realizando una síntesis de este tipo de tratamiento en el lesionado medular y verificando la eficacia de este con la información obtenida en la investigación.

Así como la definición del método analítico lo menciona se necesitó descomponer el todo de la investigación, iniciando con la descripción tanto del sistema respiratorio como del sistema nervioso central, seguido la descripción de la lesión medular, mencionando la definición, tipos de lesión medular, etiología, epidemiología, entre otros;

de igual manera se describieron cada uno de los ejercicios respiratorios no específicos que pueden ayudar a mejorar la disfunción ventilatoria en este tipo de pacientes. Realizando una síntesis de la eficacia de este tipo de tratamiento con la información obtenida.

3.5Diseño de investigación

Documental:

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (Arias, 2006)

A continuación, se hace necesario precisar qué se entiende por dato, fuente y documento.

Dato: es la unidad de información que se obtiene durante la ejecución de una investigación. Según su procedencia, los datos se clasifican en primarios, cuando son obtenidos originalmente por el investigador; y secundarios, si son extraídos de la obra de otros investigadores. (Arias, 2006)

Fuente: es todo lo que suministra datos o información. Según su naturaleza, las fuentes de información pueden ser documentales (proporcionan datos secundarios), y vivas (sujetos que aportan datos primarios). (Arias, 2006)

Documento o fuente documental: es el soporte material (papel, madera, tela, cinta magnética) o formato digital en el que se registra y conserva una información. (Arias, 2006)

Es importante aclarar que, aun cuando las fuentes documentales aportan datos secundarios, éstas a su vez se clasifican en fuentes documentales primarias: obras originales; y fuentes documentales secundarias: trabajos en los que se hace referencia a la obra de un autor. (Arias, 2006)

Por lo anteriormente descrito el diseño de investigación es documental debido a que se realizó una búsqueda de información sobre la eficacia que tienen los ejercicios respiratorios no específicos en la disfunción respiratoria en los pacientes con lesión medular, realizando un análisis e interpretación de datos obtenidos en las diferentes fuentes consultadas, como lo fueron libros, artículos científicos y revisión de tesis, en la cual se llegó a una síntesis con el fin de proporcionar nuevos conocimientos acerca de la eficacia de este tipo de tratamiento.

3.6 Criterios de selección

Inclusión	Exclusión
<ul style="list-style-type: none">• Artículos que incluye pacientes con lesión medular• Referencias de tesis sobre lesión	<ul style="list-style-type: none">• Artículos que no incluyan pacientes con lesión medular• Referencias de tesis sobre otra

<p>medular.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Libros de Fisioterapia respiratoria • Libros sobre sistema respiratorio y sistema nervioso • Artículos científicos sobre ejercicios respiratorios no específicos. • Artículos científicos sobre lesión medular. • Fuentes bibliográficas del 2007 a la fecha. • Referencias en idiomas: inglés, español y portugués. 	<p>patología que no sea lesión medular.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Libros que no sean de Fisioterapia respiratoria. • Libros que no hablen sobre sistema respiratorio y sistema nervioso. • Artículos científicos que no hablen sobre ejercicios respiratorios no específicos. • Artículos científicos sobre otras patologías que no sea lesión medular. • Fuentes bibliográficas del 2007 para atrás. • Referencias en idiomas que no sean inglés, español y portugués.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CAPITULO IV

4.1 Resultados:

La información obtenida acerca de la deficiencia de la musculatura respiratoria en la lesión medular, según el autor Field-Fote E., 2009, indica que la disfunción del sistema respiratorio y las complicaciones respiratorias que presentan los pacientes tras sufrir la lesión medular son uno de los efectos más frecuentes y devastadores, ya que, además, contribuyen de forma notable a la morbilidad, aumentando la necesidad de nuevas hospitalizaciones después de ser dados de alta del ingreso inicial.

Ahora bien, Garshick E., 2013, menciona que el grado de afectación respiratoria causado por la disfunción de la musculatura respiratoria está relacionado con el grado y la localización de la lesión neurológica, así como con el tiempo de evolución de la lesión. Cuando más alto es el nivel y más completa la lesión, mayor será la afección en ese grupo muscular. Los músculos respiratorios inervados por debajo del nivel medular en las lesiones completas son completamente no funcionales (ASIA A o B), mientras que el

grado de compromiso de la musculatura respiratoria es variable en pacientes con lesiones incompletas (ASIA C o D). Esta afección de la musculatura provoca una disminución de los volúmenes pulmonares y de la capacidad ventilatoria.

El problema primario de la disfunción respiratoria es una pobre ventilación, lo que provoca secundariamente complicaciones respiratorias, generando hipercapnia e hipoxemia. La hipercapnia es un signo de ventilación ineficaz (alteración de la bomba ventilatoria). Si además existe hipoxemia con $PO_2 < 60$ mmHg, ésta suele indicar que hay alteración del tejido pulmonar y del intercambio de gases. (Branddom R., 2011; Garshick E., 2013). Esta disfunción respiratoria conduce a presentar complicaciones respiratorias, las cuales pueden estar relacionadas con tres factores (Garshick E., 2013):

- Alteración 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. (Garshick E., 2013)
- Retención de secreciones bronquiales: Existe un aumento de la producción de secreciones bronquiales y una capacidad tusígena ineficaz. (Garshick E., 2013)
- Disfunción autonómica: Aumenta la producción de secreciones bronquiales, pudiendo producirse broncoespasmo y edema pulmonar. (Garshick E., 2013)

Aunque también existen otros factores de riesgo de presentar complicaciones respiratorias independientes a la lesión medular, como son (Garshick E., 2013):

- ✓ Flujo espiratorio en el primer segundo (FEV1) descendido

- ✓ Historia tabáquica
- ✓ Antecedentes de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), neumonías o bronquitis antes de haber sufrido la lesión.
- ✓ Edad
- ✓ Comorbilidades asociadas (obesidad, politraumatismo asociado...)

Ahora bien, los ejercicios respiratorios no específicos constan de 6 fases o 6 ejercicios que se realizan de forma progresiva, iniciando con una respiración diafragmática en posición sedente, seguido de la relajación de los brazos balanceándolos hacia atrás y adelante, continuando con la movilización de la caja torácica y expansión pulmonar bilateral, movilización de columna y bases pulmonares, respiración abdominal con inclinación de tronco, movilización de las bases pulmonares, ayudándose de un cinturón de lona. (Mercado, 2003)

Hay tres principios de entrenamiento que se han establecido para todos los músculos esqueléticos: la sobrecarga, la especificidad y la reversibilidad. Estos también se aplican a los músculos respiratorios. (Illi, S & Co, 2012)

Sobrecarga: Para mejorar la capacidad de trabajo de los músculos respiratorios estos deben ser sobrecargados. Se puede aplicar mediante la alteración de la duración (volumen), intensidad, frecuencia o densidad. Los niveles aceptados de la duración, intensidad y frecuencia utilizados para los músculos inspiratorios son (Illi, S & Co, 2012):

- Intensidad = 50-70% de 1 inspiración máxima (generalmente, se produce fallo a las 30 respiraciones, o 2-3 minutos)

- Volumen = 2-3 series x 30 respiraciones
- Frecuencia = dos veces al día

Especificidad: La naturaleza de la respuesta al entrenamiento depende del tipo de estímulo. (Illi, S & Co, 2012)

- Fuerza: músculos respiratorios responden a alta carga y baja densidad (descanso). (Illi, S & Co, 2012)
- Resistencia: Aunque la mejora de la resistencia respiratoria se puede lograr con baja carga y alta frecuencia, también es posible mejorar la resistencia a través de entrenamiento de la fuerza (pero no tan evidentemente, al revés). (Illi, S & Co, 2012)

Volumen pulmonar: El trabajo de los músculos inspiratorios debería llevarse a cabo durante el mayor rango de volumen posible del pulmón, al igual que hacemos con el sistema musculoesquelético. Iniciar lo más cerca posible al volumen residual (exhalación máxima) y terminar lo más cerca posible a la capacidad pulmonar total (inhalación máxima). (Illi, S & Co, 2012)

Estos ejercicios ayudan a mantener la capacidad pulmonar y la musculatura en general y prepararla para realizar la tabla de ejercicios, por lo que conviene realizarlos en un contexto lo más relajado posible. Es muy importante aprender a respirar bien, ya que una buena respiración retrasa la sensación de fatiga durante la actividad física. (Illi, S & Co, 2012)

Los ejercicios respiratorios tienen como objetivos, aumentar el tono y efectividad diafragmática, educar al paciente en el patrón ventilatorio correcto, controlar la frecuencia y disminuir el trabajo respiratorio. (López, 2014)

Este tipo de ejercicios respiratorios, ayudan a disminuir el trabajo respiratorio, mejorando la oxigenación y así aumentando la función respiratoria, consiguiendo la máxima capacidad física, mental, social y laboral de cada paciente, ya que contribuye a (López, 2014):

- Facilitar la eliminación de secreciones
- Disminuye el trabajo respiratorio, a través de la disminución de las resistencias bronquiales.
- Prevenir y tratar las posibles complicaciones pulmonares

4.2 Discusión

Autor	Discusión de resultado
Bravo T. & Co, 2005	Bravo y Co, indican que los ejercicios de entrenamiento constituyen un componente imprescindible en los programas de rehabilitación pulmonar que ayudan al paciente a alcanzar mayor capacidad y tolerancia para el ejercicio, aunque la función pulmonar en muchos casos permanezca invariable. Los estudios de espirometría forzada, PIM y PEM, así como la

	ergoespirometría que ellos realizaron permitieron evaluar la función cardiopulmonar antes y después de aplicar el programa de rehabilitación, lo que posibilitó diseñar con una valoración integral del paciente, el programa de rehabilitación pulmonar combinando ejercicios de fuerza y resistencia de los miembros inferiores, superiores y músculos respiratorios, y obtener en los casos aplicados resultados satisfactorios.
Orozco & Col. (2009)	Los estos estudios de Orozco & Col., han demostrado que el entrenamiento de músculos inspiratorios y espiratorios mediante la respiración ante cargas específicas y controladas produce beneficios funcionales clínicamente relevantes, predecibles y medibles. A pesar de esta relativa plétora de información respecto a la función y a la estructura muscular respiratoria, hay todavía algunos interrogantes pendientes de contestar que parecen justificar la controversia entre defensores y detractores del entrenamiento de los músculos respiratorios.
Marques y cols. (2010)	Los estudios de Marques y cols. (2010) demuestran que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria con cargas bajas (30%) incrementa la fuerza de los músculos respiratorios.
Legg Ditterline y col. (2017)	El entrenamiento de los músculos respiratorios es una técnica que impactó positivamente en la desregulación respiratoria y cardiovascular observada en pacientes con lesión medular

	crónica.
Torres y Col, 2002	Torres y Col., 2002, indican que los ejercicios de expansión torácica mejoran la ventilación y pueden ser globales, acompañando la expansión con ejercicios de brazos, mejorando la eficacia de la ventilación, o pueden ser ejercicios localizados, en zonas hipo ventiladas. Se puede colocar la mano del fisioterapeuta o del paciente como referencia en la zona de expansión o como resistencia.
Mclahan y cols., 2013	El estudio de Mclahan y cols., 2013 nos dice que en pacientes que respiran por sí mismos, con reducción de la capacidad vital (CV) y sin movilidad abdominal aparente, han demostrado la eficacia de los ejercicios respiratorios abdominales pasivos para el entrenamiento de esta musculatura. El resultado de este estudio demuestra un aumento de la CV, por lo que recomiendan su aplicación.

4.3 Conclusiones

Tras la realización de esta Tesina, se concluye que:

- Debido a la alta morbilidad que la disfunción respiratoria presenta en los pacientes con lesión medular, es necesario tener el conocimiento de saber manejar y entrenar los diferentes músculos respiratorios, para evitar las posibles complicaciones y ayudar a mejorar la función de los músculos respiratorios.
- Es importante el trabajo y entrenamiento de los músculos respiratorios ya que el patrón respiratorio típico del lesionado medular es restrictivo, por lo cual los volúmenes y capacidades respiratorias se ven reducidos.
- Los ejercicios respiratorios no específicos, se conoce así debido a que como su mismo nombre lo dice no trabajan para un músculo específico, sino que trabaja para todo el grupo muscular respiratorio.
- El entrenamiento de estos músculos con ese tipo de ejercicio ayuda a mejorar la función respiratoria en el lesionado medular, aumentando su capacidad respiratoria y fuerza muscular.
- Aunque existen pruebas que nos indican que estos ejercicios son efectivos en pacientes con lesión medular, es necesario investigar con más profundidad los beneficios de estos para obtener una información más precisa.

4.4 Perspectivas

- Dar a conocer la importancia del trabajo respiratorio en pacientes con lesión medular para mejorar su función ventilatoria y calidad de vida.
- Incentivar a los profesionales de la Fisioterapia a que puedan utilizar y así mismo investigar un poco más sobre los ejercicios respiratorios no específicos como parte del tratamiento fisioterapéutico para el lesionado medular.
- Que este proyecto de Tesis sea publicado para profesionales de la salud, y que puedan conocer la eficacia de estos ejercicios en pacientes con lesión medular.
- Mejorar la calidad de vida en los lesionados medulares por medio del entrenamiento de la musculatura respiratoria y ventilatoria para evitar complicaciones respiratorias en un futuro.

Referencias

1. Agur MR, D. F. (2007). *Atlas de Anatomía*. Madrid: Médica Panaméricana.
2. Albaladejo, J. (10 de Diciembre de 2012). *Fundación para la formación e investigación sanitarias de la Región de Murcia*. Obtenido de Fundación para la formación e investigación sanitarias de la Región de Murcia: <http://www.ffis.es/volviendoalobasico/index.html>
3. Brenes, Y. (2016). Lesiones Medulares Agudas. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 645 - 652.
4. Byrne. (2010). *Paraplejía y Síndromes de la Médula Espinal*. Barcelona: Elsevier.
5. Calleja, F. E. (23 de Diciembre de 2010). *Anatomía y Fisiología humana*. Obtenido de Anatomía y Fisiología humana: <http://anatomayfisiologahumana.blogspot.com/2010/12/aparato-respiratorio.html>
6. Cameron. (2017). *Spine and spinal cord injuries. Current Surgical Therapy*. Philadelphia: Elsevier.
7. Díaz, H. &. (2012). Lesión Medular. *ASPAYM*.
8. Gaytán, C. A. (2015). *Ansiedad, depresion y stress postraumatico como comorbilidad psiquiatrica en pacientes con lesion medular*. Guatemala.
9. Gómez, A. (2014). *Lesión medular y repercusión en el sistema respiratorio*. Barcelona.
10. Hauser, S. (2006). *Diseases of the spinal cord*. USA: Harrison´s.
11. Illi. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance. 707-724.
12. León, G. P. (2004). *Anatomía y fisiología* . Mexicali: Universitaria.
13. Ludwing F, R. V. (2015). *Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso*. Valencia: GD Publishing.
14. MD. (2013). Manejo Rehabilitativo de Lesiones Medulares. *Guías de Práctica Clínica Basadas en Evidencia; Subgerencia de prestaciones en salud*, 126.
15. Mejía, T. P. (2012). Fundamentos psicopedagógicos . *Red Tercer Milenio* , 50-57.
16. Mendoza, C. (2014). Manejo Rehabilitativo de Lesiones Medulares. *Guías de Práctica Clínica Basadas en Evidencia; Subgerencia de prestaciones en salud*.

17. Mercado, M. (2003). *Manual de Fisioterapia respiratoria*. Madrid: Ergon.
18. Moreno, I. (2010). *Síndrome del lesionado medular, tratamiento, rehabilitación y cuidados continuos*. Madrid.
19. OMS. (2 de Diciembre de 2013). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/spinal-cord-injury-20131202/es/>
20. OMS. (19 de Noviembre de 2013). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
21. Rodríguez, Y. (2015). Protocolo de rehabilitación respiratoria del paciente. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, 65-73.
22. Strassburguer, K. (2009). *Lesión Medular: Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica*. Madrid: ASPAYM .
23. Thibodeau GA, P. K. (2007). *Anatomía y Fisiología*. Madrid: Elsevier.
24. Velayos, J. L. (2015). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso central*. Madrid: CEU.
25. Vidal, H. F. (2015). Aspectos básicos del manejo de la vía aérea: anatomía y fisiología. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 98-107.