

# PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DE LOS VALORES FUNCIONALES RESPIRATORIOS EN LA LESIÓN MEDULAR SUBAGUDA



Lucas Conesa Antiñolo  
Màster de Neurorehabilitació, Edició 23-24  
Tutors: Raquel Lezcano,  
Mihoko Rovira y Dra. Estefanía Sánchez  
Juny 2024

## Índice de contenido

1. Resúmen .....	3
2. Antecedentes .....	3
2.1 La lesión medular .....	3
2.2 Incidencia de la lesión medular .....	3
2.3 Clasificación neurológica de las lesiones medulares .....	4
2.4 Funcionalismo respiratorio en la Lesión Medular .....	6
3. Objetivos .....	11
3.1 Objetivo general .....	11
3.2 Objetivos específicos .....	11
4- Hipótesis .....	11
5. Metodología .....	12
5.1 Población y muestra .....	12
5.2 Procedimiento de valoración respiratoria .....	13
5.2.1 Presión inspiratoria máxima .....	14
5.2.2 Presión espiratoria máxima .....	14
5.2.3 Pico flujo de tos .....	14
5.3 Aparataje .....	15
5.4 Análisis de datos .....	17
6. Resultado esperados .....	18
7. Valoración crítica y conclusiones del proceso de aprendizaje .....	18
8. Bibliografía .....	19
9- Anexos .....	22

## 1. Resumen

La lesión medular, tiene una incidencia considerable en la población a nivel mundial. Uno de los factores de morbilidad y mortalidad en las lesiones medulares, tanto agudas como crónicas, son las patologías respiratorias. Actualmente, los estudios refuerzan la idea de actuar de forma temprana con fisioterapia respiratoria para poder incidir sobre la durabilidad y la calidad de vida de estos pacientes.

En la actualidad, no hay estudios que nos sirvan de referencia y nos parametricen sobre estándares de salud o de normalidad, en las pruebas funcionales respiratorias en pacientes con lesión medular, tal como existe en adultos sanos. Estos estudios realizados en la población sana, han comparado diversos valores como sexo, edad y valores antropométricos, con muestras grandes de población y han podido establecer una referencia de presiones respiratorias “normales “ en población sana.

El objetivo principal de este estudio es poder recoger valores funcionales respiratorios en lesionados medulares subagudos y cruzarlos con valores antropométricos, edad, sexo y nivel de lesión para poder marcar unos valores de referencia de “normalidad” según el nivel de lesión medular, que, a su vez, pueda servir como criterio de prescripción de rehabilitación respiratoria, para prevención de patologías respiratorias como neumonía, atelectasias, etc.

## 2. Antecedentes

### 2.1 La lesión Medular

El canal medular, está formado por las vértebras que le sirven de protección y conforman la columna vertebral. La medula espinal se encuentra dentro del canal medular, y se extiende desde la base del cráneo hasta la altura de las vértebras L2-L3 (1)

La pérdida o alteración de la movilidad, la sensibilidad o la alteración del sistema nervioso autónomo (SNA), causada por un trastorno de las estructuras nerviosas, alojadas en el canal medular se conoce como lesión medular (LM). El daño podría afectar los órganos pélvicos, las extremidades inferiores, el tronco, el abdomen y las extremidades superiores, dependiendo de la localización de la lesión (2).

### 2.2 Incidencia de la lesión medular

La lesión medular (LM) tiene una incidencia mundial de entre 10,4 y 83 casos por millón por año (3), de acuerdo con los datos proporcionados por la National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCISC) se estima que en los Estados Unidos hay una incidencia anual de 40 casos por millón de habitantes, con alrededor de 12.000 nuevos casos cada año. La edad media de los pacientes es de 37,6 años y con relaciones varón/mujer que oscilan entre 5,8:1 y 2,5:1, siendo la relación 4:1 la descrita con más frecuencia (2). En Europa, la frecuencia de LM oscila entre 16 y 19,4 nuevos casos por millón de personas al año, con las notables excepciones de los Países Bajos, España y Dinamarca, donde la frecuencia es menor (3,4,5).

La causa más común de las lesiones medulares traumáticas son los accidentes de tráfico. La segunda causa son las caídas de diverso tipo, principalmente accidentes laborales seguidos de intentos de suicidio.

Es destacable que, en las producidas por actividades deportivas, la zambullida es la causa más frecuente (2). Las lesiones medulares no traumáticas están aumentando significativamente en los últimos años, siendo uno de los motivos, el aumento de esperanza de vida de la población (5).

### 2.3 Clasificación neurológica de las lesiones medulares

Los nervios espinales, que son 31 y bilaterales, provienen de la médula espinal. Se dividen en 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo. Para poder valorar la afectación que produce la lesión medular y poder clasificarla, la Asociación Americana de Lesiones Medulares (American Spinal Injury Association, ASIA ) en 1982 propuso la primera versión de los Estándares Internacionales para la Clasificación Neurológica y Funcional (International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, ISNCSCI).

Los estándares ASIA (1982) para la clasificación neurológica de la lesión medular muestran que la afectación sensitiva y motora es necesaria para determinar el nivel neurológico, la extensión de la lesión y el nivel de discapacidad (6).

ASIA definió los siguientes términos:

- **Tetraplejia**, cuando hay una pérdida o afectación de la función motora y/o sensorial en los segmentos cervicales de la médula espinal, alterando la función o sensibilidad de las 4 extremidades no incluye daños fuera del canal neural o en el plexo braquial.
- **Paraplejia**: pérdida o afectación motora y/o sensitiva del segmento torácico, lumbar y sacro de la medula espinal. La paraplejia mantiene la función de los brazos, pero el tronco, las piernas y los órganos pélvicos pueden verse afectados en función del nivel de lesión.

Además de los estándares, ASIA, desarrolló la ASIA Impairment Scale (AIS). Esta valora 10 funciones musculares clave y las puntuaciones se documentan en la hoja de evaluación (anexo 1). Los músculos clave para la valoración de la función pueden verse en la Tabla 1.

Raíz	Función Muscular	Músculo Clave
C5	Flexión de codo	Bíceps y braquial
C6	Extensión de muñeca	Extensor radial del carpo
C7	Extensión de codo	Tríceps
C8	Flexiones interfalángicas	Flexor largo de los dedos
T1	Abducción del 5º dedo (mano)	Abductor del 5º dedo
L2	Flexión de cadera	Iliopsoas
L3	Extensión de rodilla	Cuádriceps
L4	Flexión dorsal de tobillo	Tibial anterior
L5	Extensión del primer dedo (pie)	Extensor largo del primer dedo
S1	Flexión plantar de tobillo	Tríceps sural

**Tabla 1. Músculos clave para la valoración de la función en ASIA Impairment Scale (AIS)**

El nivel neurológico, tras una afectación de la medula espinal, se define como el segmento medular más caudal con función sensitiva y motora conservada bilateralmente, se realiza un examen neurológico (anexo1) de puntos sensitivos claves dentro de los 28 dermatomas (área de piel inervada por axones de una determinada raíz espinal) derechos y de los 28 izquierdos, así como de los músculos claves dentro de los miotomas (10 derechos y 10 izquierdos), conjunto de fibras musculares inervadas por axones motores de una determinada raíz espinal (Tabla 1) (6).

Al realizar el análisis neurológico tenemos que tener en cuenta estos tres niveles:

- **Nivel sensitivo:** se refiere al dermatoma más caudal, normalmente inervado, tanto para las sensaciones de pinchazo, como el tacto ligero, que puede variar del lado derecho al lado izquierdo
- **Nivel motor:** Se refiere a la función muscular clave preservada más baja con un grado de al menos 3 en la prueba muscular manual, teniendo en cuenta que las funciones musculares clave de niveles superiores no están afectadas (puntuación de 5). Puede variar del lado derecho al izquierdo.
- **Zona de preservación parcial:** Se refiere a aquellos miotomas o dermatomas por debajo del nivel neurológico de lesión que permanecen parcialmente inervados en lesiones completas.

En función de los resultados obtenidos en el análisis neurológico podemos determinar dos tipos de lesión medular (7):

- **Incompleta:** Es cuando en una lesión medular, se encuentra preservación parcial de funciones sensitivas y/o motoras por debajo del nivel neurológico y que incluye los últimos niveles sacros.
- **Completa:** Cuando en los últimos niveles sacros hay ausencia de función motora y sensitiva.

Además, la escala ASIA 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. El primer grado **A** corresponde a la lesión completa, mientras que los grados **B** y **C** indican diversos niveles de gravedad de la lesión incompleta. Por último, el nivel **D** indica normalidad de las funciones motoras y sensitivas. (Tabla 2)

A. Completa.	B. Incompleta.	C. Incompleta.	D. Incompleta.	E. Normal.
Sin función sensitiva o motora en niveles sacros S4-S5.	Función sensitiva pero no motora por debajo del nivel neurológico incluyendo niveles S4-S5	motora conservada debajo del nivel neurológico e incluyendo niveles sacros S4-S5 o por lo menos la mitad de los músculos clave tienen fuerza menor	Función motora conservada debajo del nivel neurológico y por lo menos la mitad de los músculos clave tienen fuerza igual o mayor a 3	Funciones motora y sensitivas normales.

Tator, N.Y. Raven Press, 1982: 7  
 Frankel. H.L. Paraplegia 1969; 7 (3): 170-192

**Tabla 2. Descripción de los grados de severidad de ASIA SCALE**

## 2.4 Funcionalismo respiratorio en la Lesión Medular

Una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en las lesiones medulares, tanto agudas como crónicas, son las complicaciones respiratorias. Por ese motivo es crucial evitarlas desde el principio (8,9).

Las complicaciones respiratorias más comunes en LM son la hipoventilación, la atelectasia y la neumonía, y suelen estar relacionados con estos tres factores (10):

- **Capacidad vital (CV):** la CV se ve afectada por la disminución de la fuerza de los músculos respiratorios, la disminución de la capacidad inspiratoria y la fatiga de la musculatura que interviene en la respiración.
- **Disfunción autonómica:** La alteración del sistema nervioso autónomo puede causar broncoespasmos y edema pulmonar.
- **Retención de secreciones:** Cuando la producción de secreciones aumenta, y la tos es ineficaz para expulsarlas, aumenta el riesgo de complicaciones.

Para lograr la ventilación pulmonar, los pulmones deben aumentar y reducir su volumen y la caja torácica debe permitir y acompañar el movimiento. Cuando se realiza una respiración tranquila se requiere la activación del diafragma. Durante la inspiración se contrae y se aplanan, provocando la entrada de aire, mientras que, al contraerse, el diámetro anteroposterior y transversal del tórax aumenta, junto con el ángulo infraesternal, para dejar el aumento de espacio al aumento de volumen de los pulmones (11).

Durante la espiración los movimientos se invierten, el diámetro transversal y anteroposterior disminuyen junto con el ángulo infraesternal. La espiración, es totalmente pasiva, ya que el diafragma se relaja desplazándose hacia craneal y el retroceso elástico de los pulmones, de la caja torácica y de las estructuras abdominales, provocan la salida del aire (11,12). En cambio, en una respiración forzada, las fuerzas elásticas no son suficientes y se requiere la activación de más musculatura espiratoria.

La tabla 3 muestra la musculatura implicada en el proceso respiratorio

Musculatura principal de la respiración	Musculatura accesoria de la respiración
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diafragma</li> <li>• Músculos intercostales internos (T1-T10)</li> <li>• Músculos intercostales externos (T1-T10)</li> <li>• Músculos del abdomen               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recto del abdomen (T7-T12)</li> <li>2. Transverso del abdomen (8-L2)</li> <li>3. Oblicuos internos y externos (T8-L2)</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esternocleidomastoideo (C2-C4)</li> <li>• Escalenos (C3-C7)</li> <li>• Pectoral Mayor y menor (C4-T1)</li> <li>• Serrato anterior (C5-C7)</li> </ul>

**Tabla 3. Musculatura respiratoria**

Los pacientes con LM, tienen un patrón respiratorio restrictivo, en el que los volúmenes y capacidades pulmonares se encuentran disminuidos. La falta de fuerza de los músculos inspiratorios y espiratorios limita directamente la CV y en general la capacidad pulmonar total (12).

Cuando hay una lesión medular, en general, cuanto más craneal sea la lesión más empeora el deterioro funcional, de tal manera, que las lesiones cervicales y torácicas altas son las de mayor riesgo (12,13). Una lesión completa (AIS A) tiene mayor afectación que una lesión incompleta (AIS B-D).

Músculos	Inervación
<b>Inspiratorios principales</b>	
Diafragma	C3-C5
Intercostales	T1-T11
Escaleno	
Anterior	C3-C4
Medio	C5-C6
Posterior	C6-C8
<b>Inspiratorios accesorios</b>	
Esternocleidomastoideo	C2-C4 y nervio accesorio (XI p.c)
Trapezio	C1-C4 y nervio accesorio (XI p.c)
<b>Espiratorios</b>	
Recto abdominal Transverso	T6-T12
abdominal Oblicuo interno y	T2-L1
externo Pectoral mayor	T6-L1
	Nervio pectoral medial y lateral (C5-T1)
<i>C: Cervical; T: torácico; L: Lumbar.</i>	

**Tabla 4. Inervación de la musculatura respiratoria**

Otros factores asociados a la probabilidad de tener complicaciones respiratorias son: edad avanzada, tabaquismo, enfermedades preexistentes o las lesiones traumáticas asociadas (9). Para poder entender la repercusión del sistema respiratorio en el lesionado medular, es importante conocer el funcionamiento de la musculatura respiratoria normal, la inervación que tiene la musculatura respiratoria (Tabla 4) y comprender como se afecta ésta en función según del nivel de la lesión. (anexo 2)

El patrón respiratorio en el lesionado medular es restrictivo, con reducción de todos los volúmenes y capacidades respiratorias excepto el volumen residual.

La capacidad vital, la capacidad pulmonar total y sus determinantes, están directamente limitados por esta falta de fuerza en la musculatura respiratoria. Como el volumen corriente disminuye, la frecuencia respiratoria aumenta. (12,13)



Los pacientes con LM experimentan cambios en el rebote de la pared torácica con el tiempo, debido a su incapacidad para expandir regularmente la pared torácica con grandes volúmenes pulmonares.

Los pacientes con tetraplejía, tienen su capacidad funcional residual (CRF) reducida más que los pacientes parapléjicos. La disminución del empuje hacia fuera de la pared torácica es la principal causa de su disminución.

La tos es un acto respiratorio modificado, que puede producirse de forma voluntaria. En la mayoría de casos, representa una acción refleja provocada por la activación de los receptores laríngeos y/o traqueobronquiales. La función principal de la tos, es eliminar los elementos extraños o las secreciones bronquiales existentes (12).

La incapacidad de espirar de manera forzada, impide una tos efectiva. Para generar turbulencias de aire a través de la tráquea y los bronquios, se requieren altas tasas de flujo. Debido a la LM se produce un déficit de fuerza en los músculos espiratorios y consecuentemente una tos débil, lo que resulta en una acumulación de secreciones (11)

En la realización de una tos efectiva se producen tres fases (11):

- **Fase inspiratoria:** se produce una contracción de los abductores del cartílago aritenoides y una apertura completa de la glotis para facilitar la inspiración de un volumen de aire variable similar a la CV o incluso mayor. En el caso de algunos LM, la CV es menor a la de una persona sin patología debido a la parálisis de la musculatura
- **Fase compresiva:** el cierre de la glotis marca el inicio de esta fase. La contracción de los músculos espiratorios contra la glotis cerrada produce altas presiones abdominales, pleurales, alveolares y subglóticas. Cuando aumenta la presión pleural, el gas alveolar se comprime y el volumen pulmonar disminuye. Encontramos entonces un aumento de la presión abdominal gracias a la musculatura del abdomen. En el caso de algunas LM, dependiendo de su nivel, tendrán déficit a ausencia de contracción abdominal y por lo tanto no podrán crear una óptima presión intrabdominal para realizar una tos eficiente.
- **Fase espiratoria:** En esta fase se produce la abducción de los cartílagos aritenoides y la apertura de la glotis al inicio de la espiración. Es la fase del ciclo de la tos en la que las vías respiratorias se limpian de secreciones, desechos y materiales extraños.

La tos implica la activación simultánea y coordinada de varios músculos en cada fase. Los músculos implicados son los músculos laríngeos (abductores y aductores), el diafragma, los intercostales internos y externos, el músculo abdominal, y toda la musculatura accesoria inspiratoria y espiratoria (11)

Por lo tanto, para realizar una tos eficiente, se debe lograr una inhalación de un gran volumen de aire, seguido de una espiración producida por los músculos espiratorios con cierre glótico entre fases.

En la mayoría de los niveles de LM, se afectan los músculos abdominales, lo que compromete gravemente, la capacidad de generar una tos efectiva para expulsar la acumulación de secreciones, especialmente los tapones de moco, y prevenir infecciones el tracto respiratorio y atelectasias (8,12). Además, las secreciones también reducen la distensibilidad pulmonar.

La rigidez pulmonar se refleja en su distensibilidad, dado que cuanto más disminuye, más difícil resulta insuflar los pulmones. Esta se ve limitada por la parálisis de los músculos respiratorios y porque los pacientes están físicamente inactivos. Las articulaciones costovertebrales y esternocostales se vuelven rígidas.

La expansión de la caja torácica también puede verse limitada por la espasticidad, aunque esta relación entre espasticidad y distensibilidad de la caja torácica se encuentra en controversia (13).

El único volumen pulmonar que no disminuye con la debilidad de la musculatura respiratoria es el volumen residual, que generalmente aumenta debido a la incapacidad para espirar forzosamente y expulsar el aire de los pulmones.

Además de la afectación del patrón respiratorio, en la LM, el mal funcionamiento del sistema nervioso autónomo (SNA) puede afectar sobre todo a los sistemas cardiovascular, termorregulador, sudomotor, gastrointestinal, urinario y reproductivo (9).

En el caso del sistema respiratorio, el SNA tiene las siguientes funciones:

- **Simpático:** Los ganglios simpáticos cervical inferior y torácicos de T1-T5 producen una dilatación de bronquios y pulmones.
- **Parasimpático:** Mediante el nervio vago (X par craneal) se produce la constricción de bronquios y pulmones.

En fase aguda de la LM por encima de T6, se produce un desequilibrio a favor del sistema parasimpático. Este desequilibrio, provoca una alteración de la secreción bronquial produciéndose en exceso y modificando el espesor de la secreción.

Debido a la inervación parasimpática de los nervios vagos, se produce una constricción de bronquios y pulmones que, ante un aumento de secreciones, aumenta el riesgo de retención de estas, aparición de neumonías y atelectasias. Además, en enfermedades preexistentes, como el asma, en las que ya se ha producido un cierto grado de constricción bronquiolar, la lesión medular y la estimulación nerviosa parasimpática adicional puede empeorar la enfermedad (8,12).

En la actualidad no hay estudios que nos sirvan de referencia y nos parametricen sobre estándares de salud o de normalidad en las pruebas funcionales respiratorias en pacientes con lesión medular, tal como existe en adultos sanos (14-18) (Anexo5).

Estos valores de estandarización, podrán servir como criterio para la prescripción de rehabilitación respiratoria, en los lesionados medulares subagudos o crónicos que se encuentren por debajo de los valores de normalidad, y servir de punto de partida para realizar estudios multicéntricos para poder tener suficiente muestra para que los valores sean más fiables.

### 3. Objetivos

**3.1 Objetivo general:** parametrizar los estándares de salud o de normalidad en las pruebas funcionales respiratorias en pacientes con lesión medular subaguda.

Tal y como hemos visto en los antecedentes, cualquier lesión medular por encima de T9 tiene una afectación en la función respiratoria ya sea de forma directa o indirecta.

En este estudio, se quiere analizar los valores registrados de la función pulmonar que están recogidos en una base de datos del Hospital Institut Guttmann, donde por protocolo se realizan las siguientes pruebas funcionales respiratorias:

- Presión espiratoria máxima estática (PEM)
- Presión inspiratoria máxima estática (PIM)
- Valoración de la tos mediante la prueba del Peak Flow tos (pico de flujo máximo)

### 3.2 Objetivos específicos:

- Obtener y analizar los valores de pico de tos máximo en los pacientes con lesión medular subaguda.
- Obtener y analizar los valores de presiones respiratorias máximas en los lesionados medulares subagudos.
- Crear una estandarización de valores respiratorios funcionales por nivel de lesión medular subaguda.
- Analizar si existe relación entre el pico de tos y la fuerza de la musculatura respiratoria en los lesionados medulares subagudas.
- Analizar la relación entre presiones inspiratorias y espiratorias máximas con el nivel de lesión medular.

### 4. Hipótesis

La disfunción respiratoria después de una lesión medular está caracterizada por la debilidad de la musculatura respiratoria con la consecuente disminución de sus capacidades ventilatorias.

Es bien sabido, que estudios de espirometría y volumen pulmonar en personas con tetraplejia y niveles altos de paraplejia han demostrado disfunción restrictiva debido a problemas neuromusculares (19).

Grandes estudios transversales recientes, que evalúan la función pulmonar en lesionados medulares, han demostrado que la capacidad vital forzada (FVC) y el volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1), como medidas de inspiración máxima, disminuyen linealmente con niveles más altos de lesión medular, es decir, FVC y el FEV1 son prácticamente normales en paraplejía de bajo nivel, disminuyen con niveles más altos de lesión medular y son peores con lesión medular cervical alta. (20-22)

Como principal músculo respiratorio, el músculo diafragmático está inervado por el nervio frénico en la médula espinal cervical niveles 3-5. Una vez que el diafragma está denervado, se produce una disfunción respiratoria.

Los valores de la función pulmonar (PIM, PEM i PEAK FLOW) en pacientes afectos de una lesión medular completa de más de seis meses de evolución permitirán estandarizar valores de referencia de normalidad según nivel de lesión para corroborar que a más alto nivel de lesión hay mayor afectación de la función respiratoria.(12)

En este sentido, planteamos las siguientes hipótesis:

H1. La afectación de la función respiratoria será más significativa cuanto más alto sea el nivel de lesión (12)

H1.1. La presión inspiratoria máxima será menor cuanto más alto sea el nivel de lesión

H1.2. La presión espiratoria máxima será menor cuanto más alto sea el nivel de lesión

H1.3. La capacidad tusígena será menor cuanto más alto sea el nivel de lesión

## **5. Metodología**

Se realizará un estudio descriptivo correlacional de corte transversal donde la muestra (lesionados medulares subagudos) se recogerá en el hospital de neurorrehabilitación Institut Guttmann.

### **5.1 Población y muestra**

La muestra será recogida de la base de datos del Institut Guttmann de pacientes ingresados o que acudan a rehabilitación de forma ambulatoria con una lesión medular completa por encima de T9 con más de 6 meses de evolución, de ambos sexos y de edad comprendida entre 18 y 83 años. Los criterios de inclusión y exclusión pueden verse en la Tabla 5.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesión medular (&gt; 6 meses)</li> <li>• Lesión medular por encima de T9</li> <li>• Mayor de 18 años</li> <li>• Menor de 89 años</li> <li>• Tolerar sedestación en silla o incorporación en cama 90º</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traqueotomía que no se pueda ocluir</li> <li>• Alteración cognitiva o incapacidad de colaboración</li> <li>• Dependencia ventilación mecánica</li> <li>• Marcapasos diafragmático</li> <li>• Patología respiratoria previa</li> <li>• Contraindicaciones médicas existentes</li> <li>• Fumador</li> <li>• Obesidad superior 20% de sobrepeso</li> <li>• Antecedentes de cirugía abdominal y torácica previa</li> <li>• Deformidades musculoesqueléticas</li> </ul>

**Tabla 5. Criterios de Inclusión y exclusión en el estudio**

Siguiendo el protocolo ético del hospital de Neurorehabilitación Institut Guttman, cuando ingresa o inicia rehabilitación un paciente con una lesión medular ya sea completa o incompleta por encima de T9, se le realiza una entrevista personal y una valoración respiratoria que se registra en una base de datos

Para la presente investigación, se recogerán los datos de los pacientes con lesión completa y posteriores a seis meses de evolución de la lesión, para no enmascarar resultados, ya que, en la fase aguda, es dónde se producen más cambios funcionales, aunque hay algún estudio que demuestra que no hay cambios significativos a nivel respiratorio. (23)

## **5.2 Procedimiento de valoración respiratoria**

Los fisioterapeutas especializados en el sistema respiratorio del Hospital, realizan una entrevista personal ayudados de una hoja de registro (anexo 4), donde recogen datos de los lesionados medulares como la cronología de la lesión, el sexo, la edad, datos antropométricos, complicaciones respiratorias previas, historial tabáquico, si ha precisado ventilación mecánica, traqueostomía. Todos estos datos se recogen consultando el historial del paciente, para corroborar la información que les da este.

Posteriormente, se realiza una auscultación con ayuda de un fonendoscopio en los diferentes campos pulmonares para saber si hay secreciones, y se registra en la hoja de registro.

Por último, se realiza una evaluación de la musculatura respiratoria, realizando pruebas funcionales para evaluar las presiones respiratorias y el pico de tos máximo.

Las maniobras son efectuadas con el paciente en sedestación, preferiblemente, si no es posible, se debe apuntar en el registro, ya que los valores se ven alterados.

Antes de realizar el registro, el fisioterapeuta le explica al paciente en que consiste la prueba y se le expone detenidamente como debe de realizarse, efectuándola previamente y haciendo hincapié en la importancia de una realización correcta.

Las presiones respiratorias se obtienen de forma voluntaria y no invasiva a través de la medición de la presión generada en boca registrándose con un transductor de presiones (Figura 1)(24-26)

### 5.2.1 Presión inspiratoria máxima

Para registrar la presión inspiratoria máxima (**PIM**) el paciente se debe encontrar en sedestación, sin faja abdominal y con ayuda de una pinza nasal, se le pide que realice una respiración normal y partiendo de la posición de espiración máxima (volumen residual), realice una inspiración máxima forzada y mantenida durante tres segundos a través de la boquilla del filtro antibacteriano que está conectado al manómetro (figura 4).

Se realizan 3 maniobras (si hay una diferencia del 10% entre valores se repetirán) y se registra el valor de mayor puntuación.

Las puntuaciones obtenidas se estandarizan en función de sexo, edad, altura y peso del paciente.

### 5.2.2 Presión espiratoria máxima

Para realizar el registro de la presión espiratoria máxima (**PEM**), se le indica al paciente que coloque sus manos en las mejillas para evitar la oscilación de las mismas y se le insta con energía, después de una inspiración máxima hasta el volumen pulmonar total (VPT), a efectuar un esfuerzo espiratorio máximo a través de la boquilla del filtro antibacteriano conectado al transductor (figura 4) intentando que haya una correcta oclusión labial para que no se produzcan fugas y mantenido por tres segundos, sin sobrepasar este tiempo para evitar complicaciones secundarias a una maniobra de Valsalva (lipotimia , convulsiones)(27-30)

Se realizan tres maniobras reproducibles (diferencia entre valores <10%) y se seleccionará el valor máximo. En caso que hubiera diferencia se repetiría la maniobra.

Las puntuaciones obtenidas se estandarizan en función de sexo, edad, altura y peso del paciente.

### 5.2.3 Pico flujo de tos

La determinación de la capacidad tusígena (Pico flujo de tos) es sencilla e indolora. Para realizarla se necesita una mascarilla y un Peak-Flow (figura 5).

El **Peak-Flow** es un aparato sencillo, que habitualmente usan los pacientes asmáticos, y que nos sirve para medir la velocidad del flujo de aire inspiratorio máximo en litros por minuto (L/min).

Para determinar la capacidad tusígena, al paciente en sedestación, se le coloca la mascarilla unida al Peak-Flow.

Se debe comprobar la estanqueidad para que no haya fugas, y debe toser todo lo fuerte que pueda después de haber realizado una inspiración máxima.

Se realizan 3 maniobras y se selecciona el valor más alto, si los resultados fueran muy dispares se realizarían más maniobras. Al no utilizar ningún filtro antibacteriano, el peak-flow y la mascarilla se desinfectarán debidamente al finalizar.

Se considera que la tos no es eficaz, es decir no consigue expulsar el moco fuera del pulmón, cuando el Pico Flujo de Tos es menor de 160 L/min, y existe riesgo de que no sea efectiva durante una infección respiratoria si es menor de 270 L/min (Anexo 4).

En los pacientes con enfermedades neuromusculares se pueden encontrar alteraciones en las 3 fases de la tos:

1. En la fase de inspiración profunda con glotis abierta por **debilidad en los músculos inspiratorios**.
2. En la fase compresiva por **debilidad en los músculos espiratorios**.
3. En la fase expulsiva por **alteración inervación bulbar**.

Todas las mediciones son realizadas por fisioterapeutas entrenados en la realización de estas pruebas siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) que están en consonancia con las empleadas por Morales et al. (31)

### 5.3 Aparataje

#### Presiones respiratorias

Se utiliza el manómetro digital de presiones respiratorias bucal MicroRPM de Carefusion (Figura 1) para el registro de las presiones respiratorias con las siguientes características:

- Funcionamiento de presión: +/-300 cmH<sub>2</sub>O (+/-5PSID)
- Presión de ruptura: +/-700 cmH<sub>2</sub>O (+/-20PSID)
- Resolución de 1 cmH<sub>2</sub>O
- Precisión +/-3%
- Fuente de Poder suministrada: Bateria de 9V.
- Dimensiones: 16.51 x 6.35 x 2.54 cm
- Peso: 0.38 lbs (unidad) / 1,65 lbs (completa)
- Temperatura: 0° C a 40° C
- Funcionamiento en humedad: 30% - 90% RH
- Temperatura de almacenamiento: -20° C a 70°



**Figura 1. Transductor de presiones y filtro anti bacterias**

Este transductor lleva una boquilla para hacer el registro bucal y un accesorio para hacer registro nasal (SNIP) si fuera necesario. Para hacer el registro de las presiones inspiratorias y espiratoria, se le conecta un filtro antibacteriano desechable para cada paciente para evitar contagios no deseados.

### **Pico flujo de tos máximo**

Para medir el pico de tos máximo se utiliza el Peak Flow y una mascarilla con bordes de silicona que se ajuste a la cara del paciente para que no haya fugas.



**Figura 2. Datospir peack-10 e sibelmed y mascarilla de silicona**



#### 5.4 Análisis de datos

Para cada paciente se obtendrán los valores de cmH<sub>2</sub>O (presión respiratoria máxima), y L/min obtenidos del pico de tos. Se realizarán descriptivos de los valores obtenidos en cada variable (media, desviación estándar, mínimo y máximo).

También se describirán las características demográficas de la muestra en cuanto a género, edad, medidas antropométrica y nivel de lesión medular, se identificarán valores atípicos y verificar la integridad de los datos.

- **Coefficiente de Spearman:** se calculará el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar la relación lineal o monótonica respectivamente, entre el nivel de lesión y la función respiratoria, dado que el nivel de lesión se mide en escala ordinal
- **Modelo de regresión lineal:** Se modelará la relación entre el nivel de lesión y la función respiratoria, ajustando un modelo de para cada prueba funcional (PIM, PEM y Peak Flow) controlando los posibles confundidores (edad, sexo, peso y altura)
- **T-test:** se utilizará para comprobar las diferencias de medias de función respiratoria, en función del sexo.
- **Análisis de varianza (ANOVA):** para finalizar se realizará una ANOVA para comparar las medias de función respiratorias en función del nivel de lesión y de la edad.

#### Interpretación de los resultados:

- Los resultados de las pruebas estadísticas proporcionarán evidencia sobre la relación entre el nivel de lesión y la función respiratoria. Un p-valor bajo ( $< 0.05$ ) en los análisis indicaría que hay una diferencia estadísticamente significativa atribuible al nivel de lesión.

#### Verificación de supuestos:

- Se verificarán los supuestos de cada prueba estadística utilizada, como la normalidad de los residuos para la regresión lineal y ANOVA.

## **6. Resultados esperados**

La relevancia de este estudio radica en parametrizar los resultados de las pruebas funcionales respiratorias en lesionados medulares subagudos, ya que en la actualidad no se ha referenciado, tal y como existe en población sana.

Esta parametrización se obtendrá a través del modelo descriptivo de los valores de PIM, PEM Y Peak Flow que ayude a determinar el riesgo de padecer patologías respiratorias en pacientes en función de su nivel de lesión medular.

La determinación de los valores de normalidad para la muestra que tenemos del Institut Guttmann, permitirá mejorar la prescripción de rehabilitación respiratoria para mejorar el funcionalismo pulmonar, así como hacer posible una rehabilitación respiratoria más temprana para evitar patologías.

Finalmente, esperamos confirmar la hipótesis que la afectación de la función respiratoria será más significativa cuanto más alto sea el nivel de lesión.

## **7. Valoración crítica y conclusiones del proceso de aprendizaje**

En conclusión, consideramos que la obtención de los valores de referencia en las pruebas funcionales respiratorias de PIM, PEM y Peak flow en la población con lesión medular subaguda del Instituto Guttmann, ofrecerá datos relevantes para prestar una mejor atención a este tipo de pacientes, ya que hasta ahora no existían estudios que determinen estos valores en lesionados medulares completos.

Una de las limitaciones de este estudio, es que hay muchas variables a tener en cuenta y se precisaría de una muestra mayor para tener más fiabilidad, por ese motivo, se debería de plantear un estudio tipo multicéntrico o aumentar la base de datos que se dispone actualmente en el Institut Guttmann.

En esta investigación nos hemos centrado en LM completos, pero en investigaciones futuras sería necesario complementar los datos con los obtenidos en pacientes con lesiones medulares incompletas.

Ahora bien, es tanta la diversidad de la funcionalidad respiratoria en las lesiones medulares incompletas, que resulta difícil poder plantear un estudio para poder parametrizar unos valores de referencia en este tipo de pacientes.

Por último, la presente investigación se ha planteado con un diseño seccional a los 6 meses de la lesión. En investigaciones futuras sería relevante obtener datos longitudinales para un mejor conocimiento de la fuerza muscular respiratoria y los factores que en mayor grado contribuyen a la mejora de la misma en pacientes con lesión medular.

## 8. Bibliografía

1. Sobotta J. Atlas de anatomia humana 2 tomos con CD 21 edicion. Editorial Medica Panamericana; 2004.
2. García H, Velázquez D. Análisis sobre la lesión medular en España: informe de resultados. TOLEDO: Federación Nacional Aspaym. 2012.
3. James SL, Bannick MS, Montjoy-Venning WC, Lucchesi LR, Dandona L, Dandona R. Global, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *People with Spinal Cord Injury in Spain*. 2016;18(1):S112-115.
4. Ellingson BM, Salamon N, Holly LT. Imaging techniques in spinal cord injury. *World Neurosurg* [Internet]. 2014;82(6):1351-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2012.12.004>
5. Biering-Sørensen F, Charlifue S, DeVivo M, Noonan V, Post M, Stripling T, et al. International spinal cord injury data sets. *Spinal Cord* [Internet]. 2006 [citado 5 de junio de 2024];44(9):530-4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16955072/>
6. Creasey D. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. *American Spinal Injury Association Spinal Cord*. 1997;35(5):266-74.
7. Waters RL, Adkins RH, Yakura JS. Definition of complete spinal cord injury. *Spinal Cord* [Internet]. 1991;29(9):573-81. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/sc.1991.85>
8. Sheel AW, Welch JF, Townson A. Respiratory Management Following Spinal Cord Injury - Spinal cord injury Rehabilitation Evicence. *Respiratory Management Following Spinal Cord Injury - Spinal cord injury Rehabilitation Evicence*.
9. Harvey L. Tratamiento de la lesión medular. Guía para fisioterapeutas. Vol. 316. Barcelona: Elsevier; 2010.
10. Celli BR. Clinical and physiologic evaluation of respiratory muscle function. *Clin Chest Med*. 1989;10:119-214.
11. West JB, Luks AM. West. Fisiología respiratoria. Fundamentos. 11.<sup>a</sup> ed. la Ciudad Condal: Lippincott Williams & Wilkins; 2021.
12. Et A. Respiratory Management in the Patient with Spinal Cord Injury. *Biomed Res Int*. 2013;8(1):38-44.
13. Andrada, L., & De Vito, E. L. (2001). Evaluación funcional respiratoria en pacientes con lesión medular traumática alta. *Medicina*, 61(5/1), 529-534.
14. Morales P, Cordero PJ, Sanchis J, Díez JL. Presiones respiratorias estáticas máximas en adultos. Valores de referencia de una población caucasiana mediterránea. *Arch Bronconeumol* [Internet]. 1997;33(5):213-9. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0300-2896\(15\)30609-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0300-2896(15)30609-8)

15. Terzi N, Corne F, Mouadil A, Lofaso F, Normand H. Mouth and nasal inspiratory pressure: learning effect and reproducibility in healthy adults. *Respiration* [Internet]. 2010;80(5):379-86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1159/000254378>
16. Gopalakrishna A, Vaishali K, Prem V, Aaron P. Normative values for maximal respiratory pressures in an Indian Mangalore population: A cross-sectional pilot study. *Lung India* [Internet]. 2011;28(4):247-52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4103/0970-2113.85684>
17. Pradi N, Rocha Vieira DS, Ramalho O, Lemes ÍR, Cordeiro EC, Arpini M, et al. Normal values for maximal respiratory pressures in children and adolescents: A systematic review with meta-analysis. *Braz J Phys Ther* [Internet]. 2024;28(1):100587. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjpt.2023.100587>
18. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* [Internet]. 1969;99(5):696-702. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1164/arrd.1969.99.5.696>
19. Roth EJ, Stenson KW, Powley S, Oken J, Primack S, Nussbaum SB, et al. Expiratory muscle training in spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2010;91(6):857-61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.02.012>
20. Linn WS, Adkins RH, Gong H, Waters RL. Pulmonary function in chronic spinal cord injury: a cross-sectional survey of 222 Southern California adult outpatients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81:757-63.
21. Linn WS, Spungen AM, Gong H, Adkins RH, Baumann A, Waters RL. Functional vital capacity in two large outpatient populations with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2001;39:263-8.
22. Uijl SG, Houtman S, Folgering HT, Hopman MT. Training of the respiratory muscles in individuals with tetraplegia. *Spinal Cord* [Internet]. 1999;37(8):575-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.sc.3100887>
23. Andrada L, Vito ELD. Evaluación funcional respiratoria en pacientes con lesión medular traumática alta. *Medicina*. 2001;61(1):529-34.
24. Barreiro E, Bustamante V, Cejudo P, Gáldiz JB, Gea J, de Lucas P, et al. Normativa SEPAR sobre disfunción muscular de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Arch Bronconeumol* [Internet]. 2015;51(8):384-95. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2015.04.011>
25. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2002;166(4):518-624. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
26. Manual de procedimientos SEPAR, 4 [Internet]. Issuu. 2011 [citado 5 de junio de 2024]. Disponible en: <http://issuu.com/separ/docs/procedimientos4?e>
27. Clausen JL. En: *Pulmonary function testing. Guidelines and controversies*. Nueva York: Grune & Stratton Inc; 1984.
28. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969;99:696-702.
29. Ringqvist T. The ventilatory capacity in healthy subjects. An analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*. 1966;88:5-179.

30. Gilbert R, Auchincloss JH Jr, Bleb S. Measurement of maximum inspiratory pressure during routine spirometry. Lung [Internet]. 1978;155(1):23-32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02730677>
31. Casan P, Mayos M, Galdiz J, Giner J, Fiz JA, Montserrat JM. Técnicas y procedimientos. Determinación de las presiones respiratorias estáticas máximas. Propuesta de procedimiento. Arch Bronconeumol. 1990;26:223-8.

## **9. Anexos**

**ASINA** INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNOSCI)  
**ISCOS** INTERNATIONAL STANDARDS FOR SPINAL CORD INJURY (ISNOSCI)

Patient Name \_\_\_\_\_ Date/Time of Exam \_\_\_\_\_  
Examiner Name \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_

**RIGHT**

MOTOR KEY MUSCLES  
Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

- UER** (Upper Extremity Right)  
Elbow flexors C5  
Wrist extensors C6  
Elbow extensors C7  
Finger flexors C8  
Finger abductors (little finger) T1

**Comments (Non-Key Muscle?) Reason for NT? Pain? Non-SCI condition?:**


- LER** (Lower Extremity Right)  
Hip flexors L2  
Knee extensors L3  
Ankle dorsiflexors L4  
Long toe extensors L5  
Ankle plantar flexors S1

RIGHT TOTALS (50) (56) (56)

MOTOR SUBSCORES  
UER (25) + UEL (25) = UEMS TOTAL (50)  
MAX (25)

**NEUROLOGICAL LEVELS**  
Steps 1-6 for classification as on reverse  
**1. SENSORY** R L  
**2. MOTOR** R L

SENSORY KEY SENSORY POINTS  
Light Touch (LTL) Pin Prick (PTL)

MOTOR KEY MUSCLES

- UEL** (Upper Extremity Left)  
Elbow flexors C5  
Wrist extensors C6  
Elbow extensors C7  
Finger flexors C8  
Finger abductors (little finger) T1

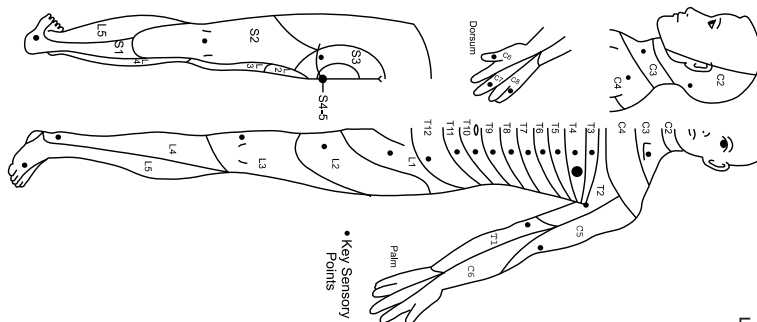
**Comments (Non-Key Muscle?) Reason for NT? Pain? Non-SCI condition?:**


- LEL** (Lower Extremity Left)  
Hip flexors L2  
Knee extensors L3  
Ankle dorsiflexors L4  
Long toe extensors L5  
Ankle plantar flexors S1

LEFT TOTALS (50) (56) (56)

SENSORY SUBSCORES  
LTR (56) + LTL (56) = LIT TOTAL (112)  
MAX (56)

**4. COMPLETE OR INCOMPLETE?** (In injuries with absent motor OR sensory function in S4-5 only)  
**5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS)**  
**6. ZONE OF PARTIAL PRESERVATION** R L  
Sensory Motor Motor  
(Most caudal levels with any innervation)



## Muscle Function Grading

- 0 = Total paralysis
  - 1 = Palpable or visible contraction
  - 2 = Active movement, full range of motion (ROM) with gravity eliminated
  - 3 = Active movement, full ROM against gravity
  - 4 = Active movement, full ROM against gravity and moderate resistance in a muscle specific position
  - 5 = (Normal) active movement, full ROM against gravity and full resistance in a functional muscle position expected from an otherwise unimpaired person
- NT = Not testable (i.e. due to immobilization, severe pain such that the patient cannot be graded, amputation of limb, or contraction of > 50% of the normal ROM)
- 0\*, 1\*, 2\*, 3\*, 4\*, NT\* = Non-SCI condition present\*

## Sensory Grading

- 0 = Absent
  - 1 = Altered, either decreased/impaired sensation or hypersensitivity
  - 2 = Normal
  - NT = Not testable
  - 0\*, 1\*, NT\* = Non-SCI condition present\*
- \*Note: Abnormal motor and sensory scores should be tagged with a "\*" to indicate an impairment due to a non-SCI condition. The non-SCI condition should be explained in the comments box together with information about how the score is rated for classification purposes (at least normal / not normal for classification).

## When to Test Non-Key Muscles:

In a patient with an apparent AIS B classification, non-key muscle functions more than 3 levels below the motor level on each side should be tested to most accurately classify the injury (differentiate between AIS B and C).

### Movement

Movement	Root level
Shoulder: Flexion, extension, abduction, adduction, internal and external rotation	C5
Elbow: Supination	C5
Elbow: Pronation	C6
Wrist: Flexion	C6
Finger: Flexion at proximal joint, extension	C7
Thumb: Flexion, extension and adduction in plane of thumb perpendicular to palm	C8
Finger: Flexion at MCP joint	C8
Thumb: Opposition, adduction and abduction perpendicular to palm	C8
Finger: Adduction of the index finger	T1
Hip: Adduction	L2
Hip: External rotation	L3
Hip: Extension, abduction, internal rotation	L4
Knee: Flexion	L4
Ankle: Inversion and eversion	L4
Toe: MP and IP extension	L5
Hallux and Toe: DIP and PIP flexion and abduction	L5
Hallux: Adduction	S1

## ASIA Impairment Scale (AIS)

- A = Complete.** No sensory or motor function is preserved in the sacral segments S4-5.
- B = Sensory Incomplete.** Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-5 (light touch or pin prick at S4-5 or deep anal pressure) AND no motor function is preserved more than three levels below the motor level on either side of the body.
- C = Motor Incomplete.** Motor function is preserved at the most caudal sacral segments for voluntary anal contraction (VAC) OR the patient meets the criteria for sensory incomplete status (sensory function preserved at the most caudal sacral segments S4-5 by LT, PP or DAP), and has some sparing of motor function more than three levels below the ipsilateral motor level on either side of the body. (This includes key or non-key muscle functions to determine motor incomplete status.) For AIS C – less than half of key muscle functions below the single NLL have a muscle grade  $\geq 3$ .
- D = Motor Incomplete.** Motor incomplete status as defined above, with at least half (half or more) of key muscle functions below the single NLL having a muscle grade  $\geq 3$ .
- E = Normal.** If sensation and motor function as tested with the ISNCSCI are graded as normal in all segments, and the patient had prior deficits, then the AIS grade is E. Someone without an initial SCI does not receive an AIS grade.
- Using ND:** To document the sensory, motor and NLL levels, the ASIA Impairment Scale grade, and/or the zone of partial preservation (ZPP) when they are unable to be determined based on the examination results.

## INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY



## Steps in Classification

- The following order is recommended for determining the classification of individuals with SCI.
- Determine sensory levels for right and left sides.**  
The sensory level is the most caudal, intact dermatome for both pin prick and light touch sensation.
  - Determine motor levels for right and left sides.**  
Defined by the lowest key muscle function that has a grade of at least 3 (on supine testing), providing the key muscle functions represented by segments above that level are judged to be intact (graded as a 5).  
Note: in regions where there is no myotome to test, the motor level is presumed to be the same as the sensory level, if testable motor function above that level is also normal.
  - Determine the neurological level of injury (NLL).**  
This refers to the most caudal segment of the cord with intact sensation and antigravity (3 or more) muscle function strength, provided that there is normal (intact) sensory and motor function caudally respectively.  
The NLL is the most cephalad of the sensory and motor levels determined in steps 1 and 2.
  - Determine whether the injury is Complete or Incomplete.**  
(i.e. absence or presence of sacral sparing)  
If voluntary anal contraction = No AND all S4-5 sensory scores = 0 AND deep anal pressure = No, then injury is Complete.  
Otherwise, injury is Incomplete.
  - Determine ASIA Impairment Scale (AIS) Grade.**  
Is Injury Complete? If YES, AIS=A  
NO  $\downarrow$   
Is Injury Motor Complete? If YES, AIS=B  
NO  $\downarrow$  (No=voluntary anal contraction OR motor function more than three levels below the motor level on a given side, if the patient has sensory incomplete classification)  
NO  $\downarrow$  (No=voluntary anal contraction OR motor function more than three levels below the neurological level of injury graded 3 or better?)  
NO  $\downarrow$  AIS=C      YES  $\downarrow$  AIS=D
- If sensation and motor function is normal in all segments, AIS=E  
 Note: AIS E is used in follow-up testing when an individual with a documented SCI has recovered normal function. If at initial testing no deficits are found, the individual is neurologically intact and the ASIA Impairment Scale does not apply.
6. Determine the zone of partial preservation (ZPP).  
 The ZPP is used only in injuries with absent motor (no VAC) OR sensory function (no DAP, no LT and no PP sensation) in the lowest sacral segments S4-5, and refers to those dermatomes and myotomes caudal to the sensory and motor levels that remain partially innervated. With sacral sparing of sensory function, the sensory ZPP is not applicable and therefore "NA" is recorded in the back of the worksheet. Accordingly, if VAC is present, the motor ZPP is not applicable and is noted as "NA".

Nivel de Lesión	Músculos Respiratorios	% FVC referencia	PIM o SNIF cmH <sub>2</sub> O	PEM cmH <sub>2</sub> O	Patrón ventilatorio	Expansión de la caja torácica
C1-C2	Esternocleidomastoideo (ECM) Trapezio superior Extensores de cabeza Extensores de cuello	<10%	<-25 cmH <sub>2</sub> O	<20 cmH <sub>2</sub> O	Cuando la cabeza está fijada el ECM se activa y suve el esternón	Elevación esternal con mínima expansión anteroposterior de la caja torácica
C3-C4	Escalenos Elevador de la escápula Trapezio superior Diafragma (parcial)	10-40%	-20 - 35 cmH <sub>2</sub> O	20-60 cmH <sub>2</sub> O	Se contrae la musculatura accesoria, sube el esternón y las dos primeras costillas. La activación del diafragma produce una retracción costal (signo de Litten)	Elevación esternal con expansión superior e inferior con mínimo aumento de la expansión anteroposterior de la caja torácica
C5	Diafragma Pectoral mayor Serrato anterior Romboides	35-55%	25-60 cmH <sub>2</sub> O	30-70 cmH <sub>2</sub> O	Aumento del vientre diafragmático con la inspiración. Cuando aparece fatiga se utiliza musculatura accesoria del cuello y cintura escapular	Asincronía entre la expansión torácica y abdominal <b>Respiración paradójica</b>
C6-C8	Diafragma Pectoral mayor y menor Serrato anterior (superior e inferior) Dorsal ancho	40-70%	40-120 cmH <sub>2</sub> O	30-80 cmH <sub>2</sub> O	Igual que C5	Igual que C5
T1-T4	Diafragma Intercostales (parcial) Erector del tronco	45-75%	-50 a - 120 cmH <sub>2</sub> O	30-95 cmH <sub>2</sub> O	La contracción diafragmática y la activación de los intercostales	Descenso anterior y lateral de la



					facilita la expansión	expansión torácica
T5-T10	Diafragma Intercostales Abdominal	60-95%	>-75 cmH <sub>2</sub> 0	50-160 cmH <sub>2</sub> 0	Movimiento diafragmático y de la caja torácica. Mínima contracción de la musculatura abdominal preservada	La expansión de la caja torácica sigue estando levemente limitada
A partir de T11	Toda musculatura respiratoria por encima de nivel	>80%	>90 cmH <sub>2</sub> 0	>120 cmH <sub>2</sub> 0	Movimiento diafragmático y de la pared torácica normalizado	La expansión torácica puede verse disminuido por la impactación fecal o descenso del tono de la musculatura pélvica

Anexo 2 Afectación del sistema respiratorio según el nivel de lesión medular (adaptado de Field et al)

## VALORACIÓ RESPIRATÒRIA

ID PACIENT		DATA VALORACIÓ	
DATA INGRÉS		DATA NAIXEMENT	
DIAGNÒSTIC		DATA LESIÓ	
PES		ALÇADA	

### 1. ANAMNESI:

DISNEA		ANTECEDENTS RESPIRATÒRIS	
SATURACIÓ		COMPLICACIONS	
MUCOSITAT		HÀBITS TÒXICS	
TOS		SUPORT VENTILATÒRI	
SON		/A/	
VEU		/S/	

TOS: sensació d'obstrucció o que s'enganxi a l'empassar  
 /A/ i /S/ 15-20 seg. Normal.

### 2. PATRÓ RESPIRATÒRI

INTENSITAT	SUPERFICIAL		PROFUNDA		
PREDOMINI	COSTAL SUPERIOR	COSTAL INFERIOR	ABDOMINO-DIAFRAGMÀTICA		
TREBALL	UTILITZACIÓ DE LA MUSCULATURA ACCESSÒRIA				
RITME	RÍTMIC	ARRÍTMIC	APNEA		
MOVIMENT	UNIFORME	FLUID	PATOLÒGIC		
TRAQUEOTOMIA	SI/NO	DATA DE INSTAURACIÓ			
	FENESTRADA		NO FENESTRADA		
	BALÓ INFLAT		BALÓ DESINFLAT		
	OCLUSIÓ	SI/NO	VÀLVULA FONATORI A	FILTR E	TAP

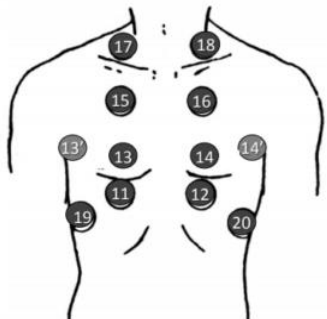
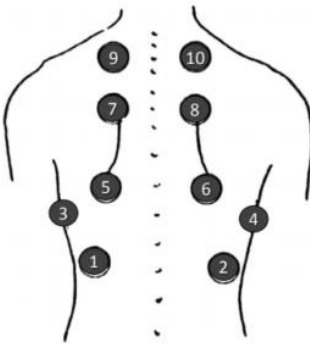
### 3. VALORACIÓ DE LA FORÇA RESPIRATÒRIA

	1	2	3	4	5
PIM					
PEM					

### 4. VALORACIÓ DE LA TOS

	1	2	3	4	5
PEAK FLOW					

### 5. AUSCULTACIÓ (MARCAR SOROLLS PATOLÒGICS)

ANTERIOR	D	E	POSTERIOR	D	E
					

Cruixits gruixuts **Cg**, Cruixits fins **Cf**, Sibilants **S**, Estridor **E**, Hipofonesis **H**  
**Estridor**, so agut s'escolta sense fonendo, No fer Fisioteràpia respiratòria  
**Anexo 3 Hoja de recojida de datos**

**Anexo 4 valores de referencia Peak-flow en población sana**

<b>INTERPRETACIÓN DEL PEAK-FLOW. VALORES NORMALES TEÓRICOS DEL FLUJO RESPIRATORIO PICO (LITROS/MIN)</b>												
<b>Hombre. Desviación normal 48 l/min</b>												
Edad/ Altura	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	45 años	50 años	55 años	60 años	65 años	70 años
160 cm	518	568	598	612	613	606	592	578	565	555	544	534
168 cm	530	580	610	623	623	617	603	589	577	566	556	546
175 cm	540	590	622	636	635	627	615	601	588	578	568	558
183 cm	552	601	632	645	646	638	626	612	600	589	578	568
190 cm	562	612	643	656	656	649	637	623	611	599	589	579
<b>Mujeres. Desviación normal 42 l/min</b>												
Edad/ Altura	15 años	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años	45 años	50 años	55 años	60 años	65 años	70 años
145 cm	438	445	450	452	452	449	444	436	426	415	400	385
152 cm	450	456	461	463	463	460	456	448	437	425	410	396
160 cm	461	467	471	474	473	470	467	458	449	437	422	407
168 cm	471	478	482	485	484	482	478	470	460	448	434	418
175 cm	481	488	493	496	496	493	488	480	471	458	445	428
<b>Niños. menores de 15 años</b>												
Altura	91 cm	99 cm	107 cm	114 cm	122 cm	130 cm	137 cm	145 cm	152 cm	160 cm	168 cm	175 cm
	100	120	140	170	210	250	285	325	360	400	440	480

Tomado de "Guía semFYC de actuación en Atención Primaria.

**Anexo 5 Comparación de valores PIM y PEM por género en otros estudios con población sana**

<b>Autores</b>		<b>Muestra (n)</b>	<b>Rango etáreo (años)</b>	<b>Muestra estratificada por edad</b>	<b>Pimax (Cm H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Pemáx (Cm H<sub>2</sub>O)</b>
Black y Hyatt 1969	<i>Mujeres</i>	60	20-74	SI	74,4±27,2	140±42,8
	<i>Hombres</i>	60			107,2±34,4	208,4±76
Neder y cols 1991	<i>Mujeres</i>	50	20-80	SI	86,53±8,76	85,88±10,9
	<i>Hombres</i>	50			116,78±14,02	126,30±14,19
Parreira Y cols 2007	<i>Mujeres</i>	54	20-80	NO	68,24±29,48	80,37±33,32
	<i>Hombres</i>	46			104,67±42,66	142,28±43,89
Gil y cols 2012	<i>Mujeres</i>	154	20-86	SI	63,1±20	78±24
	<i>Hombres</i>	154			86,8±28	115±37
Cuartas y Riveros 2013	<i>Mujeres</i>	59	18-62	NO	74,27±20,08	77,02±8,46
	<i>Hombres</i>	45			86,49±25,68	96,95±15,18