



Universitat Autònoma de Barcelona

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  [http://cat.creativecommons.org/?page\\_id=184](http://cat.creativecommons.org/?page_id=184)

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

**EVALUACIÓN DE LAS COMPLICACIONES  
TRAQUEALES EN PACIENTES INTUBADOS CON  
SISTEMA DE ASPIRACIÓN CONTINUA DE  
SECRECIONES SUBGLÓTICAS**

SUSANA MILLÁN LÓPEZ

BARCELONA 2016



Universitat Autònoma de Barcelona

DEPARTAMENTO DE MEDICINA  
UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MEDICINA  
TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN DE LAS COMPLICACIONES**  
**TRAQUEALES EN PACIENTES INTUBADOS CON**  
**SISTEMA DE ASPIRACIÓN CONTINUA DE**  
**SECRECIONES SUBGLÓTICAS**

SUSANA MILLÁN LÓPEZ  
BARCELONA 2016

**DIRECTORES**

DR. JORDI VALLÉS DAUNIS  
DR. EMILI DÍAZ SANTOS  
DR. IGNACIO MARTÍN-LOECHES Y CARRONDO

**TUTOR**

DR. FERRAN SEGURA PORTA

Los Doctores **JORDI VALLÉS DAUNIS, EMILI DÍAZ SANTOS, IGNACIO MARTÍN-LOECHES CARRONDO** y **FERRAN SEGURA PORTA**, CERTIFICAN:

Que la Tesis Doctoral titulada: **“Evaluación de las complicaciones traqueales en pacientes intubados con aspiración continua de secreciones subglóticas”**, ha sido realizada bajo nuestra dirección y supervisión.

Una vez redactada la presente tesis, la consideramos apta para ser presentada y defendida ante el Tribunal que en su día se designe, por lo que firmamos para que conste a efectos oportunos:

DR. JORDI VALLÉS DAUNIS

DR. EMILI DÍAZ SANTOS

DR. IGNACIO MARTÍN-LOECHES CARRONDO

DR. FERRAN SEGURA PORTA

**A Dani, Lucía, Diego e Inés**

## **AGRADECIMENTOS:**

- *A los directores de esta tesis, Drs. Díaz y Martín-Loeches, y, en especial, al Dr. Vallés, por ser excelente en Medicina y porque él es el alma de este trabajo. Y, por supuesto, a su esposa, por el tiempo robado.*
- *A los compañeros de los servicios de Medicina Intensiva, Radiología y Estadística del Hospital de Sabadell, por la contribución al desarrollo de este estudio.*
- *A todos los pacientes que han participado, porque les debo mi más profundo respeto y reconocimiento.*
- *A la Dra. Casas, por los ánimos y el soporte compartidos.*
- *A mis padres, porque gracias a la educación y amor recibidos, ésto es posible.*
- *A mi marido y a mis hijos, por su incondicional apoyo, y porque dais significado a todo.*
- *A todos aquellos que, aunque no aparezcan con nombres y apellidos, me han acompañado a lo largo del camino.*

## **MOTIVACIONES GENERALES Y PERSONALES.**

*Somos muy afortunados los que podemos ejercer la profesión de médico. La dedicación a ayudar a los demás en la recuperación de la salud y el alivio del sufrimiento, es altamente gratificante.*

*Para una mejor ejecución y eficacia de esta tarea, es necesaria la evolución del conocimiento, para lo que el estudio y la investigación, son imprescindibles. Todos deberíamos participar en ello, y el desarrollo de una tesis doctoral, es una manera de hacerlo.*

*Una tesis es la aseveración concreta de una idea que, de manera fundamentada, se expone públicamente. Una vez analizada, evaluada y aprobada por un tribunal de expertos, se produce la transformación de lo que inicialmente era un sustento teórico, en un conocimiento establecido. Es un trabajo que incluye la recopilación y análisis de la información desarrollada hasta el momento, y permite, tras una amplia investigación, basada en el método científico, aportar nuevos conceptos a la comunidad científica. De manera más concreta, en medicina, contribuye a mejorar en el diagnóstico y tratamiento de los enfermos.*

*Definitivamente, escribir una tesis ofrece una gran oportunidad para aprender a investigar y aportar ciencia.*

*A nivel personal, este trabajo, es el último pago que cierra la deuda con aquellos que me han hecho sentir que, con esfuerzo y dedicación, podía alcanzar todo lo que me propusiera.*

# ÍNDICE

<b>1. <u>FUNDAMENTOS DE LA TESIS: LESIONES ASOCIADAS A LA UTILIZACIÓN DE ASPIRACIÓN SUBGLÓTICA</u></b>	
1.1. Ventilación mecánica.....	pág 9.
1.2. Complicaciones de la ventilación mecánica.....	pág 10.
1.3. Tubo endotraqueal.....	pág 12.
1.3.1. Descripción del tubo endotraqueal.....	pág 12.
1.3.2. Evolución histórica.....	pág 15.
1.3.3. Características del neumotaponamiento.....	pág 19.
1.3.4. Tráquea: anatomía y fisiología.....	pág 27.
1.3.5. Complicaciones asociadas al tubo orotraqueal.....	pág 31.
1.3.6. Diagnóstico de las complicaciones del tubo endotraqueal.....	pág 46.
1.3.6.1. <i>Fibrobroncoscopia</i> .....	pág 46.
1.3.6.2. <i>Estudios de imagen</i> .....	pág 51.
1.4. Neumonía asociada a la ventilación mecánica.....	pág 62.
1.4.1. Epidemiología y patogenia.....	pág 62.
1.4.2. Técnicas de prevención.....	pág 76.
1.5. Aspiración de secreciones subglóticas.....	pág 83.
1.5.1. Características del mecanismo.....	pág 83.
1.5.2. Efectividad de la técnica y complicaciones: revisión bibliográfica.....	pág 88.
<b>2. <u>JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</u></b> .....	pág 117.
<b>3. <u>HIPÓTESIS</u></b> .....	pág 121.
<b>4. <u>OBJETIVOS</u></b> .....	pág 122.
<b>5. <u>MATERIAL Y MÉTODOS</u></b> .....	pág 123.
5.1. Tipo de estudio.....	pág 123.
5.2. Marco clínico.....	pág 123.
5.3. Tamaño muestral.....	pág 124.
5.4. Dispositivo endotraqueal y técnica aplicada.....	pág 124.
5.5. Descripción del resto de medidas preventivas aplicadas.....	pág 127.
5.6. Sujetos del estudio.....	pág 128.
5.6.1. Criterios de inclusión.....	pág 128.
5.6.2. Criterios de exclusión.....	pág 129.
5.7. Análisis de las complicaciones. Técnica de imagen.....	pág 130.
5.8. Protocolo del estudio.....	pág 132.
5.9. Aspectos éticos.....	pág 133.
5.10. Recogida de datos. Variables clínicas.....	pág 135.
5.11. Variables del diagnóstico de las complicaciones.....	pág 140.
5.12. Análisis estadístico.....	pág 141.
<b>6. <u>RESULTADOS</u></b> .....	pág 142.
<b>7. <u>DISCUSIÓN</u></b> .....	pág 165.

8.	<b><u>CONCLUSIONES</u></b> .....	pág 181.
9.	<b><u>RESUMEN</u></b> .....	pág 182.
10.	<b><u>ANEXOS</u></b> .....	pág 185.
11.	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b> .....	pág 187.

# **1. FUNDAMENTOS DE LA TESIS: LESIONES ASOCIADAS A LA UTILIZACIÓN DE ASPIRACIÓN SUBGLÓTICA.**

## **1.1. Ventilación mecánica.**

La ventilación mecánica es un tratamiento médico, que tiene como objetivo ofrecer un soporte respiratorio que garantice los requerimientos de ventilación y oxigenación suficientes para poder mantener con vida a los pacientes.

Está indicada cuando la ventilación espontánea del paciente no es adecuada, o cuando es necesario controlarla para evitar que empeoren las funciones de los propios pulmones u otros órganos. De manera más específica, se utiliza como técnica de protección y aislamiento de la vía aérea en pacientes con un bajo nivel de consciencia por alguna patología, o cuando precisan ser anestesiados en relación a técnicas quirúrgicas, también en aquellos pacientes con obstrucción de vía aérea superior u otra causa de insuficiencia respiratoria, o como técnica que permitirá la disminución de la demanda de oxígeno en situaciones de baja perfusión tisular o shock.

Dejando a un lado la ventilación mecánica con presión negativa, puesto que es un tratamiento, que a pesar de tener una base histórica, hoy en día está en desuso, la ventilación mecánica con presión positiva, tiene su base de funcionamiento, en la administración, mediante un respirador y a través de un dispositivo de acceso a la vía aérea superior, de una presión supraatmosférica que, de manera cíclica, genera

un flujo de aire que se distribuye en los pulmones. Dicho mecanismo sustituye al ciclo de la inspiración, siendo la espiración un proceso pasivo.

Aunque en función de la situación clínica y el objetivo de la ventilación mecánica, se llevan a cabo diferentes técnicas de acceso a la vía aérea superior, el acceso más extendido y generalmente inicial en las unidades de cuidados intensivos, es a través de la intubación orotraqueal. Consiste en la canalización de la tráquea mediante un dispositivo tubular introducido desde la cavidad oral. Para facilitar el acceso, son imprescindibles los dispositivos que nos permiten visualizar la glotis, pudiendo además utilizar guías semirrígidas que nos permitan dirigirlo o incluso fibrobronoscopios que ofrecen las dos funciones.

Otros dispositivos de vía aérea son los tubos nasotraqueales, que se diferencian del anterior en su acceso desde un orificio nasal, y las cánulas de traqueostomía, que se colocan en la tráquea a través de una pequeña incisión central en el cuello, a la altura de los primeros anillos traqueales.

## **1.2. Complicaciones de la ventilación mecánica.**

A pesar de que la ventilación mecánica es considerada una terapia de soporte con relevantes beneficios, siendo imprescindible tanto para tratar en muchas circunstancias al paciente crítico, como para poder realizar múltiples técnicas quirúrgicas, no está en absoluto exenta de complicaciones.

Debido a su carácter altamente invasivo, las complicaciones descritas son en algunos casos, de importante gravedad.

Se pueden clasificar en diferentes categorías: las atribuibles al respirador, las médicas y las relacionadas con los procedimientos de intubación y extubación, incluyendo en este último grupo las relacionadas con el tubo orotraqueal.

En las asociadas al funcionamiento del respirador, se engloban las atribuibles al fallo del aparato y de las alarmas, a la nebulización, humidificación y temperatura del aire, las asincronías paciente-respirador y las relacionadas con la contaminación del aire inspirado. Por otro lado, también se integran las complicaciones mecánicas, sobretodo el barotrauma: Desde enfisema subcutáneo, neumomediastino, neumoperitoneo o neumotórax, hasta las más graves como las fístulas broncopleurales.

Dentro de las complicaciones médicas, se incluyen las infecciones y el compromiso hemodinámico que se genera debido a la disminución del gasto cardíaco en la respiración con presión positiva. Entre las infecciones, habría que destacar la traqueobronquitis y la neumonía asociada a la ventilación mecánica, aunque, no debemos olvidar, por otro lado, otras infecciones menos prevalentes, probablemente por ser en muchas ocasiones infradiagnosticadas, como son las sinusitis.

Es importante destacar el efecto de la ventilación mecánica en la producción o perpetuación de lesión pulmonar aguda y la producción de lesión en órganos a distancia, mediante la liberación de mediadores inflamatorios a la circulación sistémica. Los principales mecanismos lesionales son los fenómenos de estiramiento y ruptura de estructuras pulmonares (volutrauma) y la apertura y cierre cíclico de zonas alveolares cerradas (atelectrauma). Los estudios a cerca de estrategias ventilatorias protectoras del pulmón han demostrado un efecto beneficioso en

pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), y las últimas investigaciones apuntan a que también serían útiles para prevenir el desarrollo de SDRA en ventilados mecánicamente por otro motivo.

Las complicaciones relacionadas con los procedimientos de intubación y extubación, incluyen las relacionadas con la hipoxia, siendo la parada cardiorespiratoria la situación más extrema, los traumatismos de la vía aérea superior, la intubación esofágica y su lesión, la inducción del vómito con broncoaspiración, la migración inadvertida del tubo orotraqueal al bronquio principal derecho y la extubación prematura accidental o autoextubación.

Las propias del tubo orotraqueal, están en relación a la obstrucción de éste o a la lesión de las estructuras con las que está en contacto: labios, estructuras de la cavidad oral, faringe, laringe y de manera más frecuente sobre cuerdas vocales, tráquea o incluso bronquios principales, por contacto directo con el extremo distal del tubo.

### **1.3. Tubo endotraqueal.**

#### 1.3.1. Descripción del tubo endotraqueal.

Es un dispositivo artificial estéril que se inserta en la tráquea con el propósito de, tanto establecer y mantener la vía aérea superior permeable, como asegurar una adecuada ventilación e intercambio de oxígeno y dióxido de carbono.

La mayoría de los que se utilizan en las unidades de cuidados intensivos y quirófanos, tienen un diseño estándar y presentan diferentes partes, que a continuación se describen.

En primer lugar, la conexión, que es la pieza intermedia entre el tubo y el respirador o bolsa auto-inflable. Tiene un diseño estándar, mide 15 mm, y en algunos casos se puede retirar.

El cuerpo, constituye la parte principal, conductora del flujo de gas entre el enfermo y el respirador. Presenta una luz normalmente redonda que le confiere un diámetro interno a partir de los 2 mm, incrementándose cada 0,5 mm, número con el que se designa su calibre, y otro diámetro externo que variará dependiendo del material, del fabricante y de la presencia o no de canales accesorios.

En general, cuanto mayor complejidad física tenga el paciente, mayor debería ser el tubo endotraqueal, teniendo en cuenta por otro lado, que un diámetro excesivo puede generar complicaciones.<sup>1</sup>

Los principales materiales disponibles en el mercado son:

- Policloruro de vinilo: Económico, transparente, no tóxico, libre de látex y con la peculiaridad de ser termoplástico, adaptándose así a la temperatura corporal.
- Silicona: Es mucho más suave y su uso se recomienda en intubaciones prolongadas.
- Acero inoxidable: Ignífugo, es el material utilizado en la cirugía de láser.

Tanto los tubos de policloruro de vinilo como los de silicona, pueden estar reforzados mediante una fina espiral metálica para evitar su acodamiento. Esta característica es especialmente interesante cuando la cabeza del paciente debe

adoptar alguna posición que pudiera favorecer el colapso de la luz del tubo, como sucede en algunas cirugías.

Los tubos endotraqueales disponen de unas líneas centimétricas a modo de marcas de profundidad longitudinalmente, que permiten medir la distancia entre la punta del tubo y la comisura labial. Este punto se debe registrar como referencia, una vez comprobada su correcta posición, para poder recolocarlos en caso de desplazamiento. Una línea radio-opaca continua a lo largo del tubo, permitirá visualizarlo en la radiografía de tórax, debiendo dejar situado el extremo distal a 3-4 centímetros de la carina, así se garantiza una correcta ventilación de ambos bronquios principales, minimizando el riesgo tanto de lesión de las estructuras, como de extubación accidental. Algunos dispositivos además disponen de una marca más gruesa, que sirve de guía de profundidad para la colocación aproximada del tubo en el momento de su inserción mediante visión directa, estando diseñada para dejarla situada, a la altura de las cuerdas vocales.

La parte distal del tubo está diseñada habitualmente en ángulo oblicuo hacia la izquierda, para una mejor visualización de la glotis por el lado derecho, en el momento de la intubación.

La punta del dispositivo es la primera parte que entra en contacto con el paciente. Habitualmente está biselada y puede tener un orificio que se denomina de Murphy, diseñado para suplir la ventilación cuando el orificio distal queda, según la posición, tapado por la carina, pared traqueal o por las propias secreciones respiratorias del paciente.<sup>2</sup>

El balón, manguito o neumotaponamiento, es un globo que rodea al tubo en su tercio distal, que se hincha a través de un canal accesorio y cuyas funciones son

la prevención de la aspiración del contenido faríngeo o intestinal a las vías aéreas inferiores y como sistema de sellado para que la ventilación en presión positiva se produzca sin fuga de aire.

El neumotaponamiento está comunicado con un pequeño balón accesorio que queda en el exterior del paciente y que tiene las funciones de medidor táctil de presión en situaciones en las que no se dispone de manómetro, y de reservorio para reducir los cambios bruscos de presión. Este accesorio, acaba en un sistema valvular unidireccional, donde se ajusta una jeringa estándar para el hinchado y deshinchado del neumotaponamiento. También encaja, en esta misma posición, un dispositivo de medición de presión (manómetro), con un mecanismo para poder introducir o liberar aire hasta alcanzar la presión deseada. La morfología y la presión que ejerce el balón sobre la mucosa traqueal son variables según el fabricante. Los balones de elevado volumen y baja presión, utilizados en intubaciones prolongadas, han sido diseñados para garantizar el sellado, disminuyendo el riesgo de isquemia de la mucosa traqueal por hiperpresión.<sup>3</sup>

### 1.3.2. Evolución histórica.

Las primeras descripciones de canalización de la vía aérea se originan en situaciones de emergencia, como Andreas Vesalius en 1543, que introduce una caña en la tráquea de un cerdo para el tratamiento de un neumotórax,<sup>4</sup> o Benjamin Pugh (1754) que practica la primera intubación endotraqueal para resucitar a un neonato mediante un dispositivo de cuero cubierto con un alambre enroscado.<sup>5</sup> Sin embargo, la principal evolución del tubo endotraqueal, se desarrolla a partir del siguiente

siglo, en el campo de la anestesia y cirugía y, más recientemente, en el área de los cuidados intensivos, en el tratamiento de soporte del paciente crítico.

Con la introducción del éter en 1840, la realización de procedimientos quirúrgicos fue progresivamente en extensión. No obstante, la broncoaspiración del contenido gástrico, en muchas ocasiones no se detectaba, y la neumonía postoperatoria era habitual.

Trendelenburg en 1869 diseña el primer neumotaponamiento hinchable en un tubo de traqueostomía, que consistía en una delgada goma al final del tubo, que generaba un ajustado sellado, previniendo así la broncoaspiración.

Macewen en 1880, en uno de sus escritos, describe cómo consigue aliviar una obstrucción de vía aérea superior, pasando un tubo desde la cavidad oral hasta la tráquea.

Eisenmenger en 1893, fue el primero en describir, en una prueba piloto, el uso de un tubo orotraqueal con neumotaponamiento que incluía un sistema de monitorización de la presión del interior del mismo.<sup>6</sup>

El emplazamiento del tubo orotraqueal en la vía aérea se realizaba inicialmente a ciegas, hasta que Jackson y Janeway en 1913 publicaron las primeras experiencias utilizando un laringoscopio.

Algunos de los primeros tubos endotraqueales sellaban la vía aérea superior utilizando esponjas cosidas a mano, a través de pequeñas cuerdas, que facilitaban su extracción;<sup>7</sup> éstas se posicionaban a modo de empaquetado faríngeo, dejando así sellada la vía aérea.<sup>8</sup> Otros neumotaponamientos, se empezaron a confeccionar a partir de dedos de guantes de goma o condones que medían unos 7 cm de longitud y estaban diseñados para ser situados acabalgados sobre la glotis.<sup>9</sup>

Más tarde se diseñaron taponamientos desarrollados a partir de protectores dentales que median 3-4 cm, y que se posicionaban por debajo de las cuerdas vocales.

Coincidiendo con la epidemia de poliomielitis en Europa, entre 1950 y 1960, aumenta la necesidad de aplicar ventilación mecánica con presión positiva como tratamiento de la insuficiencia respiratoria y, por consiguiente, se confirma los imprescindibles que son los tubos endotraqueales y de traqueostomía para poder aplicarla.<sup>10</sup> Evolucionan a tubos endotraqueales reutilizables de goma y cánulas de traqueostomía metálicas, que incluyen taponamientos de goma de alta presión y bajo volumen.

A medida que la tecnología polimérica avanza, se fue introduciendo, a partir de 1968, un tubo de policloruro de vinilo, con un taponamiento que en aquel momento, sigue siendo de bajo volumen y alta presión.<sup>11</sup> Progresivamente se observó que la excesiva presión del neumotaponamiento reducía la irrigación sanguínea local de la tráquea, asociándose a lesiones inflamatorias, ulcerosas, traqueomalacia, dilataciones, estenosis e incluso fístulas traqueoesofágicas. Estas complicaciones fueron ampliamente reportadas en los años 60', a medida que la ventilación mecánica prolongada, iba tomando importancia.<sup>12 13 14 15</sup>

A medida que el neumotaponamiento de alta presión y bajo volumen se reconocía como un problema, se fue incrementando el tamaño del neumotaponamiento en los progresivos diseños, puesto que se observaba que con presiones más bajas, se mantenía un sellado adecuado, disminuyendo las complicaciones.

Algunos clínicos empezaron a elaborar sus propios neumotaponamientos de alto volumen y baja presión, pre-ensanchándolos, utilizando agua hirviendo.<sup>16</sup>

Los fabricantes lanzaron al mercado el tubo endotraqueal de cloruro de polivinilo con neumotaponamiento de alto volumen y baja presión en los años 70', manteniéndose el fundamento de este modelo hasta el día de hoy.<sup>11</sup>

Con este nuevo neumotaponamiento, considerado ya como estándar, está descrito que durante la fase inspiratoria, que es la de mayor presión, se genera un mecanismo de compresión de su extremo final y a su vez, de ensanchamiento de la parte más proximal, que favorece un correcto sellado.

Algunos sistemas que permitían una reducción del incremento rápido de presión sobre el neumotaponamiento, fueron analizados y rechazados, puesto que en ocasiones sobrecompensaban, facilitando microaspiraciones.

Otra modificación propuesta y diseñada por Kamen y Wilkinson en 1971, fue la de reemplazar el neumotaponamiento estándar por un dispositivo de espuma de poliuretano auto-hinchable. En la evaluación de su eficacia, se resolvió que, aunque efectivamente generaba bajas presiones en la tráquea, se precisaba una mayor presurización para evitar las fugas.<sup>17 18</sup>

Progresivamente se han ido desarrollado diferentes neumotaponamientos, con el objetivo de mejorar el sellado con la mínima presión sobre la pared traqueal.

Reali-Foster *et al.* diseñan un prototipo en 1996, con algunas diferencias sobre el tubo endotraqueal estándar: la pared del tubo era más delgada para reducir la resistencia, el neumotaponamiento se sustituye por un sistema de 12-20 piezas de poliuretano en forma de rosquillas que quedan situadas en la glotis, y la parte del tubo que queda a la altura de la orofaringe se refuerza con alambre para evitar que

se retuerza y se colapse. Se comparó con el tubo estándar en ovejas ventiladas durante más de tres días, observando una reducción en la cantidad de secreciones que alcanzaban la vía aérea, sin hallar diferencias histológicas en el análisis de las lesiones traqueales. No se realizaron estudios clínicos.<sup>19 20</sup>

### 1.3.3. Características del neumotaponamiento.

#### Presión y volumen:

Es importante distinguir entre la presión en el interior del neumotaponamiento y la aplicada sobre la pared traqueal; esta última, para un volumen de neumotaponamiento determinado, se calcula hallando la diferencia entre la presión intra-neumotaponamiento, cuando éste se encuentra dentro de la tráquea, y la presión que alcanza cuando está hinchado con el mismo volumen, suspendido libremente en el aire.<sup>21</sup>

En algunos estudios de laboratorio se ha objetivado que las secreciones caen alrededor del neumotaponamiento, a menos que la presión contra la pared traqueal sea superior a la altura de la columna de fluido que se acumula en el espacio subglótico.<sup>22</sup>

Por otro lado, se ha observado que la isquemia en la mucosa traqueal se genera cuando las presiones del neumotaponamiento exceden las presiones capilares arteriolares. La isquemia produce una progresiva inflamación, ulceración, infección y necrosis que puede llegar a afectar incluso a los anillos cartilagosos. Si no se

reconocen estas lesiones a tiempo, pueden producirse secuelas a largo plazo, tales como la traqueomalacia o la estenosis traqueal. Se ha estudiado que con presiones de 15 a 30 cmH<sub>2</sub>O, los neumotaponamientos, se ajustan bien a la pared traqueal y proporcionan un sellado adecuado durante la ventilación con presión positiva. Aunque las presiones bajas en los manguitos pueden causar lesiones como la denudación primaria de células ciliadas, las complicaciones severas son raras; no obstante, no debemos olvidar que una insuflación insuficiente del neumotaponamiento, puede producir una fuga de aire durante la ventilación mecánica y la aspiración de secreciones orofaríngeas, produciéndose infecciones respiratorias. Además, es importante tener en cuenta que un manguito de baja presión y alto volumen, puede convertirse en un manguito de alta presión si se insuflan excesivas cantidades de aire de manera no controlada.<sup>23</sup>

Así pues, son dos los objetivos principales del neumotaponamiento: en primer lugar, alcanzar un volumen suficiente para conseguir una coaptación óptima con la pared traqueal, con el propósito de evitar broncoaspiraciones que provoquen infección pulmonar, y por otro lado, ejercer una presión en la pared traqueal lo mínima posible para evitar lesiones, pero a su vez suficiente para evitar fugas de flujo aéreo durante la ventilación mecánica. Se recomienda que la presión del neumotaponamiento se mantenga entre 20 y 30 cmH<sub>2</sub>O.<sup>24 25 26</sup>

Rello *et al.* demostró que la presión por debajo de 20 cmH<sub>2</sub>O durante los primeros ocho días de ventilación mecánica, era factor de riesgo independiente para desarrollar neumonía asociada a la ventilación mecánica.<sup>27</sup> Por otro lado, una presión por encima de 30 cmH<sub>2</sub>O, compromete la perfusión local de la pared traqueal con la consecuente lesión tisular.<sup>28</sup>

Los sistemas que mantienen la presión de manera automática, lo hacen de una manera más consistente, es decir, se asocian con menos mediciones por debajo de 20 o por encima de 30 cmH<sub>2</sub>O, que los sistemas de medición manual tradicional; en un estudio de 2011, parece que estos sistemas se podrían asociar a un menor número de neumonías asociadas a la ventilación mecánica.<sup>29</sup>

Material:

El neumotaponamiento estándar de policloruro de vinilo se ha diseñado para poder ser hinchado hasta alcanzar 1.5-2 veces el volumen normal de la tráquea. En este tipo de neumotaponamientos, desafortunadamente, se crean pequeños pliegues o canales longitudinales, que facilitan que las secreciones descendan a lo largo de ellos y alcancen las vías respiratorias inferiores.<sup>30</sup>

Con el propósito de encontrar una solución a este problema, los neumotaponamientos han evolucionado en cuanto a forma y material.

El policloruro de vinilo es un material de aproximadamente 50 micrómetros de grosor. Un material más delgado produciría menos pliegues o pliegues de menor tamaño. Uno de los materiales ideados en este sentido, es el poliuretano, que es más delgado, de aproximadamente 7 micrómetros. En estudios de laboratorio utilizando agua coloreada o contrastes visualizables mediante tomografía computerizada, muestran que éste es un material que puede asegurar un adecuado sellado para evitar fugas a presiones inferiores que el policloruro de vinilo, evitando en mayor medida el paso de fluidos a la vía aérea.<sup>31 32 33</sup> Los estudios clínicos sugieren que los de poliuretano se asocian a una menor tasa de neumonía asociada a la ventilación

mecánica. Un estudio randomizado comparaba el neumotaponamiento de policloruro de vinilo con otro de poliuretano y sistema de drenaje de secreciones subglóticas. El neumotaponamiento de poliuretano se asoció con una menor tasa de neumonía asociada a la ventilación pero sin poder diferenciar a qué factor se debía, si al material o a la aspiración de secreciones subglóticas.<sup>34</sup> Poelaert *et al.* randomizaron 134 pacientes sometidos a cirugía cardíaca a ser intubados con tubo endotraqueal con neumotaponamiento de policloruro de vinilo frente a otro de poliuretano, observando que el grupo del poliuretano presentaba menor número de neumonías asociadas a la ventilación mecánica tempranas y menor uso de antibióticos.<sup>35</sup>

Miller *et al.* dirigió un estudio en periodos de tiempo diferentes, observando que en el periodo de doce meses en el que utilizó el tubo con neumotaponamiento de poliuretano, la tasa de neumonía asociada a la ventilación, fue menor que en el periodo de tiempo de igual duración, en el que empleó los de policloruro de vinilo, aunque el incremento de neumonías con este último dispositivo, dejara una baja tasa de incidencia de 3,5 episodios/1000 días de ventilación mecánica.<sup>36</sup>

Así pues, el poliuretano parece ser un material que evita las fugas y al que se le atribuyen menores tasas de neumonías. Estudios más recientes, sugieren que no se obtiene comparativamente tanto beneficio en relación a la prevención de microaspiraciones. Bulpa *et al.* randomiza a 29 pacientes a tubos de policloruro de vinilo y poliuretano, instilando una solución radioactiva en el espacio subglótico, sin hallar diferencias significativas, en cuanto a la detección de este material en los pulmones.<sup>37</sup>

Se han elaborado neumotaponamientos con otros materiales. Zanella *et al.* diseña uno de doble capa que consiste en el neumotaponamiento estándar de cloruro de polivinilo de baja presión y alto volumen, envuelto por una segunda capa altamente compliante, de goma de látex, y un gel (unos 0,5 ml) entre ambas capas. A medida que el neumotaponamiento se hincha, la capa de látex se distiende, sin generar pliegues, garantizando un buen sellado. Se ha demostrado en estudios de laboratorio, que previene mejor las fugas, sobre los neumotaponamientos de policloruro de vinilo simples o los de poliuretano.<sup>38</sup> Por otro lado, en la comparación de su nuevo prototipo, con combinaciones de tubos de poliuretano versus de cloruro de polivinilo y de morfología cilíndrica versus cónica, se observa que la presión positiva al final de la espiración (PEEP) superior o igual a 5 cmH<sub>2</sub>O fue suficiente para prevenir la fuga en los de poliuretano y la de 10-15 cmH<sub>2</sub>O para prevenirla en los de policloruro de vinilo. Este beneficioso efecto de la PEEP ha sido confirmado por otros.<sup>39 40</sup>

El grupo de Kolobow *et al.* describió un prototipo que reemplazaba el neumotaponamiento de policloruro de vinilo por un neumotaponamiento de una fina pared de lycra-poliuretano. En un estudio de laboratorio, no se observaron fugas de agua durante un periodo de 24 horas, contra cierta tasa de fugas en los demás.<sup>41</sup>

### Morfología:

Los neumotaponamientos modernos, fueron diseñados inicialmente con una forma cilíndrica. Cuando se estudian los mecanismos etiológicos de fuga y caída de secreciones alrededor de los neumotaponamientos, como ya hemos señalado, se observa que al ser insuflados a presión contra la pared traqueal, se generan una serie de pequeños pliegues que las favorecen. Para intentar dar solución a este problema, se diseña una forma cónica, con la que se consigue un punto de mayor sellado. En la parte más alta del cono, donde el diámetro es mayor, se pueden albergar pliegues, pero a medida que el diámetro se reduce, se proyecta un punto en el que el diámetro exterior del neumotaponamiento coincide exactamente con el diámetro interno de la tráquea, sin que se generen estos pliegues y consiguiéndose en este punto, un sellado óptimo. Estudios de laboratorio han demostrado que esta forma es superior a la estándar cilíndrica en la reducción de fugas.

Dave *et al.* evaluó la fuga de fluido comparando neumotaponamientos de poliuretano cónico con neumotaponamientos cilíndricos de poliuretano y de policloruro de vinilo, en tráqueas simuladas de diferentes tamaños (16, 20 y 22 mm) y utilizando tubos endotraqueales de 7,5 mm de diámetro interno. El cónico de poliuretano, fue demostrado igual de efectivo que el cilíndrico del mismo material, en la tráquea más pequeña, pero más efectivo en la prevención de fugas, en el tamaño de tráquea más grande. Ésto puede ser debido a que el neumotaponamiento cilíndrico de poliuretano utilizado en el estudio, era de un diámetro exterior de 22 mm, siendo más pequeño que el neumotaponamiento cilíndrico estándar (de aproximadamente de 26-30 mm) o del cónico (27 mm el diámetro proximal y 20

mm el distal). Los autores además confirmaron, que el neumotaponamiento de policloruro de vinilo permitía mayor fuga que el de poliuretano.<sup>42</sup>

Shiotsuka *et al.* evaluó cinco tubos de policloruro de vinilo de 8 mm en un modelo de laboratorio. Uno de ellos tenía forma cónica, y el resto eran cilíndricos. El neumotaponamiento cónico permitía de manera significativa, menos fuga de fluidos que los cilíndricos.<sup>43</sup> En otro estudio, Madjdpour *et al.* evaluaban las características del sellado de aire de cuatro tubos endotraqueales del mismo fabricante en un modelo de laboratorio. Varias combinaciones de presión del neumotaponamiento y presión inspiratoria pico fueron aplicadas a tubos con las siguientes características: cónico de poliuretano, poliuretano cilíndrico, policloruro de vinilo cónico y policloruro de vinilo cilíndrico. Los autores concluyeron que un neumotaponamiento cónico mejoraba el sellado aéreo en los neumotaponamientos de policloruro de vinilo, el poliuretano permitía menor fuga aérea que los de material de policloruro de vinilo independientemente de la forma, y la forma cónica no reducía de manera significativa la fuga más allá de lo que se ganaba con el material de poliuretano.<sup>44</sup>

Más recientemente, Li Bassi *et al.*<sup>45</sup> dirigió un estudio que determinaba la asociación de la fuga en función de las siguientes características: diámetro externo, longitud, material, forma, complianza y presión interna. Se estudiaron diferentes tubos: dos de ellos con neumotaponamiento de policloruro de vinilo cilíndrico, tres de ellos de policloruro de vinilo cónicos, uno de poliuretano cilíndrico y otro de poliuretano cónico. Se calculó la ratio diámetro externo/longitud y la presión aplicada en la pared de una tráquea simulada. Los principales hallazgos sugerían que la presión interna del neumotaponamiento, el diámetro externo, el material y la

longitud, son los determinantes primarios para la fuga de fluido. Los de poliuretano funcionaban mejor que los de policloruro de vinilo, independientemente de su forma. Comparando ratios del diámetro externo respecto a su longitud, los de ratio  $<0,60$  funcionaban mejor que los de ratio  $>0,85$ . Se observó que los neumotaponamientos de poliuretano tenían una ratio baja (eran más largos y estrechos), comparado con los que permitían mayor fuga. Aunque los autores se posicionaron en contra de concluir que el material de poliuretano fuera el más ventajoso en la reducción de fugas, independientemente de la diferencia de dimensiones, apuntan que el neumotaponamiento de poliuretano cónico SealGuard (Covidien<sup>®</sup>), funcionaba mejor que el de policloruro de vinilo cónico TaperGuard (Covidien<sup>®</sup>), teniendo ambos idénticas dimensiones.

Dos ensayos recientes analizan el beneficio de los neumotaponamientos cónicos. D'Haese *et al.* randomiza 60 pacientes en los que se realiza cirugía lumbar comparando neumotaponamientos de policloruro de vinilo cilíndricos versus cónicos. Un tinte era inyectado por encima del neumotaponamiento, y la fuga era evaluada mediante fibrobroncoscopia de manera periódica durante dos horas. El tinte se observó en un 20% de los pacientes con el neumotaponamiento cilíndrico, pero en ninguno de los cónicos.<sup>46</sup>

Bowton *et al.* no halla diferencias en cuanto al índice de neumonía asociada a la ventilación mecánica al comparar el neumotaponamiento cilíndrico de policloruro de vinilo, comparado con uno del mismo material cónico, aunque los autores anotaban que su tasa de neumonía asociada a la ventilación mecánica era baja, de 5,8/1000 días de ventilación mecánica.<sup>47</sup>

Un nuevo diseño de neumotaponamiento por Hwang *et al.* adjunta un segundo neumotaponamiento de policloruro de vinilo en posición superior y proximal al estándar, separados por 5 mm. Entre los dos neumotaponamientos queda un espacio con un acceso externo para inyectar un gel soluble en agua. Una vez el tubo está posicionado y los neumotaponamientos hinchados, se inyecta el gel para sellar este espacio intermedio. Este tubo fue comparado con cuatro tubos ya comercializados (Euromedical Standard<sup>®</sup>, Mallinckrodt Hi-Lo<sup>®</sup>, Microcuff<sup>®</sup> y Mallinckrodt TaperGuard<sup>®</sup>) en un test utilizando agua tintada, durante un periodo de 48 h, observándose que el prototipo no fugaba. Micro cuff<sup>®</sup> y TaperGuard<sup>®</sup> fugaban considerablemente menos que el resto de tubos, pero más que el prototipo. Los autores observaron que el gel llenaba los pliegues del neumotaponamiento para prevenir la fuga y que tras retirar el tubo quedaba un mínimo resto de gel en la tráquea de aproximadamente 0,1 ml. Este tubo no ha sido probado clínicamente.<sup>48</sup>

Recientemente Philippart *et al.* ha publicado un ensayo prospectivo, randomizado y multicéntrico, que concluye que ni el material de poliuretano ni la morfología cónica de los neumotaponamientos, son superiores a los convencionales de policloruro de vinilo cilíndricos, en la prevención de colonización traqueal y neumonía asociada a la ventilación.<sup>49</sup>

#### 1.3.4. Tráquea: anatomía y fisiología.

La tráquea es un órgano en forma de tubo que está formada por tejido fibrocartilaginoso. Está dispuesta en forma oblicua, hacia abajo y hacia atrás, y

compuesta por anillos cartilagosos incompletos en su porción posterior. Se continúa por arriba con la laringe y en su parte más distal, por los bronquios.

Su longitud es de unos 12 cm, con diámetros aproximados transversal de 20 mm y antero-posterior de 10 mm.

Se localiza en el plano medio de la parte antero-inferior del cuello y en el mediastino superior.

Termina bifurcándose en dos bronquios principales a nivel del mediastino medio. Limita a nivel superior con el borde inferior del cartílago cricoides (nivel cervical C-6) y a nivel inferior con la bifurcación de la tráquea (nivel torácico T-4 a T-5).

El último cartílago de la tráquea es más amplio, y forma una cresta llamada carina. Ésta se proyecta posteriormente desde su cara interior marcando el punto donde termina la tráquea al dividirse en los dos bronquios principales. La carina yace discretamente a la izquierda de la línea media. La mucosa de la carina es altamente sensible y produce una tos violenta cuando es estimulada, a través, por ejemplo, del contacto de un objeto extraño.

La tráquea se relaciona fundamentalmente:

- A nivel anterior:
  - *Cervical:* con la glándula tiroides, arco de las venas yugulares anteriores, venas tiroideas inferiores, paquete vásculo-nervioso del cuello, arteria tiroidea inferior y nervios laríngeos recurrentes.
  - *Torácico:* manubrio esternal, resto del timo, vena tiroidea inferior, tronco venoso braquiocefálico, arco aórtico, tronco

arterial braquio-cefálico, plexo cardíaco profundo y ganglios linfáticos.

- *Bifurcación*: pericardio, aurículas, bifurcación de la arteria pulmonar, plexo cardíaco profundo y ganglios linfáticos.
- A nivel lateral:
  - *Derecha*: pleura y pulmón derecho, vena braquio-cefálica derecha, vena cava superior, nervio vago y vena ácigos mayor.
  - *Izquierda*: pleura y pulmón izquierdo, cayado aórtico, arteria carótida común izquierda y nervio laríngeo recurrente izquierdo.
- A nivel posterior: esófago.

El tejido traqueal está dividido en capas:

1. **Mucosa**: contiene las mismas células caliciformes que contienen los epitelios pseudoestratificados que aparecen en la mayoría del tracto respiratorio. Este epitelio descansa sobre una gruesa lámina propia con abundantes fibras elásticas.
2. **Submucosa**: es una capa de tejido conectivo profundo a la mucosa que contiene glándulas seromucosas.
3. **Adventicia**: es la capa más externa y está constituida por tejido conectivo reforzado internamente con un número variable de cartílagos hialinos, entre 16 y 20, que tienen forma de anillos. Los extremos de la abertura de los anillos están conectados por fibras musculares lisas que constituyen el músculo traqueal, y además integra tejido conectivo holgado.

La vascularización arterial es a través de la arterias tiroidea superior y tiroidea inferior, mamarias internas, tímicas y bronquiales.

La irrigación venosa nace del plexo submucoso venoso denso. Las venas de la tráquea son numerosas y de pequeño calibre. Drenan en las venas esofágicas, bronquiales y tiroideas inferiores.

La inervación neurovegetativa depende del sistema simpático (cadena simpática torácica) y parasimpático (nervio vago); y dirigen una acción motriz destinada al músculo liso traqueal, la sensibilidad de la pared y la secreción de las glándulas traqueales.<sup>50</sup>

Su drenaje linfático se dirige hacia los ganglios pretraqueales, paratraqueales y traqueobronquiales.

La tráquea es una estructura que forma parte de las vías respiratorias superiores y fundamentalmente, conduce el aire entre laringe y los bronquios principales.

A su vez, forma parte del espacio muerto anatómico, es decir, de las vías respiratorias que no intervienen en el intercambio de gases, por no disponer de alvéolos.

Las células mucosas en disposición glandular, segregan moco, el cual tiene la función de retener partículas de polvo y otros desechos, siendo eliminado al exterior, gracias a la acción de sus cilios, que las arrastran hasta la laringe a una velocidad de un centímetro por minuto.<sup>51</sup> El moco también tiene componentes químicos antisépticos.

La tráquea posee algunas características singulares, como su tolerancia al desplazamiento lateral y la posibilidad de sufrir estiramiento, hasta un 50%, sin

sufrir prácticamente estrechamiento de la luz. Su elasticidad está garantizada de forma importante por la presencia de gran cantidad de fibras dispuestas longitudinalmente. Esta característica permite que se extienda durante la inspiración, para luego recuperar su longitud, en la espiración.

El diámetro de la luz queda garantizado sobretodo por la presencia de los anillos cartilagosos en forma de “U” con abertura posterior, los cuales aseguran tanto que no colapse hacia el interior, como que no se expanda al exterior con los cambios de presión que se producen durante los movimientos respiratorios. La pared posterior de la tráquea corresponde a la porción desprovista de cartílago, la cual es membranosa y está rodeada de fibras musculares con gran poder constrictor. Este músculo puede contraerse para reducir la luz de la tráquea de manera ocasional, lo que hace que el aire espirado desde los pulmones alcance mayor velocidad. Esta acción ayuda a expulsar el moco de la tráquea cuando se tose.

#### 1.3.5. Complicaciones asociadas al tubo endotraqueal.

Se dividen en dos grandes grupos en función de si se originan durante la maniobra de intubación, o si se producen durante la permanencia o retirada del tubo. En la Tabla 1 se enumeran las principales. Hay que señalar, dentro del segundo grupo, que muchas de las que se producen en el periodo de permanencia de tubo, no se manifestarán clínicamente hasta que lo retiremos.

### **Complicaciones durante la maniobra de intubación:**

- Hipoxia por intubación prolongada, parada cardiorrespiratoria.
- Broncoaspiración de contenido gástrico.
- Aumento de la presión intracraneal.
- Lesión cervical/medular por movilización cervical.
- Intubación esofágica o selectiva bronquial.
- Traumatismo o incluso rotura de la laringe, vía aérea superior o esófago.
- Rotura dental.
- Inestabilidad hemodinámica o arritmias.

### **Complicaciones durante la permanencia o tras la retirada del tubo:**

- Extubación accidental.
- Obstrucción del tubo (secreciones, acodamientos, mordeduras...).
- Infecciones respiratorias: neumonía, traqueobronquitis.
- Sinusitis.
- Edema y ulceraciones laríngeas.
- Parálisis y sinequias de cuerdas vocales.
- Laringoespasma.
- Granulomas.
- Estenosis traqueal.
- Fístula traqueoesofágica.
- Traqueomalacia.

Tabla 1.- Complicaciones relacionadas con el tubo endotraqueal.

A pesar de que la formación del personal sanitario, su experiencia y los protocolos asistenciales minimizan la aparición de complicaciones en relación a la intubación orotraqueal, el tubo endotraqueal, es un dispositivo que puede dañar las estructuras locales. Se ha estudiado que se pueden apreciar alteraciones microscópicas en la superficie de las cuerdas vocales a las dos horas de la intubación y hay evidencia de daño macroscópico a partir de las seis horas. Estas lesiones serán clínicamente más evidentes en intubaciones prolongadas. No fijar adecuadamente el tubo o la agitación del paciente, puede contribuir al traumatismo mecánico que los origina. La aparición brusca de sangre en las secreciones traqueales sugiere que se haya podido producir una erosión traqueal anterior con afectación de estructuras vasculares, mientras que la aparición de contenido gástrico sugiere una erosión posterior con lesión esofágica.

Pueden producirse lesiones inflamatorias, sobretodo ulceraciones, a nivel de los labios, boca o faringe, siendo más frecuente si la intubación fue traumática.

Entre el 40-100% de las intubaciones provocan odinofagia. La incidencia de dolor de garganta y ronquera, podrían reducirse utilizando un tubo endotraqueal de diámetro menor.<sup>52</sup>

La presión del tubo endotraqueal puede producir compresión del nervio hipogloso, ocasionando adormecimiento de la lengua, que puede persistir una o dos semanas tras la extubación.

Los principales síntomas y signos de las complicaciones asociadas al tubo endotraqueal tras la extubación son la disnea, la disfagia, la disfonía y el estridor.

La importancia de algunas de las complicaciones del tubo orotraqueal se basa en su potencial gravedad debido al compromiso de paso de aire por la vía aérea superior.

La disnea es una sensación subjetiva de ahogo o dificultad para respirar. Puede acompañarse de incremento del trabajo respiratorio, cambio de coloración en la piel, sibilancias, tos o dolor al respirar.

Por otro lado, la disfagia es una sensación de dificultad o imposibilidad para la deglución. Puede ir acompañada de dolor (odinofagia), expulsión o rechazo del alimento, aumento del tiempo de masticación y deglución, babeo, carraspeo, atragantamientos, acumulación de residuos alimentarios en la cavidad bucal o necesidad de tragar en varias veces o deglución fraccionada.

La disfonía es un trastorno de la emisión de la voz que consiste en la disminución de su timbre en diferentes grados, que cuando es total, recibe el nombre de afonía. Puede acompañarse a su vez, de dolor.

La ronquera es el cambio en la emisión de la voz, transformándose en áspera y grave.

La obstrucción incompleta de la vía aérea superior, generalmente va asociada a alteraciones respiratorias y produce estridor. El estridor se percibe como un sonido chillón y musical durante la inspiración y en obstrucciones más severas, también en la espiración, al paso del aire a presión por las vías respiratorias que tienen el calibre comprometido. La incidencia de estridor después de la extubación difiere entre los diferentes estudios pero se estima entre el 5 y el 54%. Si la obstrucción es mayor, se puede observar un estiramiento traqueal y movimientos respiratorios paradójicos del tórax y abdomen. La ausencia de sonidos respiratorios

a pesar de la existencia de movimientos de la pared torácica inefectivos y movimientos abdominales exagerados, nos indica que nos encontramos frente a una obstrucción completa de la vía aérea, con insuficiencia respiratoria aguda grave, que precisa de actuación de emergencia con recanalización de la vía aérea. Estas situaciones se englobarían dentro de un concepto más amplio que se denomina fracaso de la extubación.

La insuficiencia respiratoria tras la extubación puede deberse fundamentalmente a dos grupos de factores, o bien a un fracaso de liberación, es decir, a la incapacidad de realizar un correcto intercambio gaseoso sin el soporte ventilatorio, ésto incluye, por ejemplo, la insuficiencia cardíaca o el compromiso neurológico, o bien a la intolerancia a la retirada del tubo orotraqueal, lo cual incluye la obstrucción de vía aérea superior o un inadecuado manejo de secreciones respiratorias. También puede originarse como combinación de varios mecanismos. No queda claro qué porcentaje de insuficiencia respiratoria postextubación se debe a edema laríngeo con estridor como principal manifestación, aunque parece ser un importante contribuyente en la incidencia global.<sup>53</sup>

El fracaso de la extubación, incluye aquellos pacientes que precisan reintubación en las primeras 48-72 horas tras la extubación, los que se tratan con ventilación mecánica no invasiva durante este periodo, sin incluir los que se tratan con esta medida de soporte de manera preventiva de manera seleccionada, y los que fallecen en este mismo periodo de tiempo<sup>54</sup>. La tasa de fracaso de la extubación oscila entre un 10 y un 20%.

Aunque es un tema aún en debate, los criterios que se proponen para la reintubación en el fracaso de la extubación son la aparición en las 48-72 horas posteriores a la extubación de dos o más de los siguientes:

- Acidosis respiratoria, definida como pH arterial  $< 7.35$  con  $\text{PaCO}_2 > 45$  mmHg.
- Signos clínicos sugestivos de fatiga muscular respiratoria.
- Aumento del esfuerzo respiratorio: uso de musculatura accesoria, tiraje intercostal o respiración abdominal paradójica.
- Frecuencia respiratoria  $> 25$  respiraciones / minuto durante 2 horas consecutivas.
- Hipoxemia definida como saturaciones de  $\text{O}_2$  por pulsioximetría  $< 90\%$  o  $\text{PaO}_2 < 80$  mmHg con  $\text{FiO}_2 \geq 0.5$ .

Se conoce como éxito de la extubación a la capacidad de mantener la respiración de forma autónoma más allá de las primeras 48-72 horas de la extubación.

Si un paciente presenta compromiso respiratorio, por lo que precise ser intubado pasado este período de tiempo, se considera que la causa es independiente de la que motivó la primera intubación.

El límite de tiempo para considerar el fracaso de la extubación se podría ampliar a un periodo desde las 72 horas hasta 7 días postextubación, en relación a la reciente introducción de la medida preventiva del fracaso, que consiste en la aplicación de ventilación mecánica no invasiva, en pacientes seleccionados, como medida preventiva.

Las complicaciones más importantes atribuibles al tubo endotraqueal se describen con más detalle a continuación:

- **LESION LARÍNGEA:** La mayoría de lesiones laríngeas se manifiestan en forma de ronquera tras la extubación, aunque las severas pueden producir estridor.

Aunque la relación cuantitativa exacta entre el estrechamiento de la luz aérea y la sintomatología no está claro, la presencia de estridor tras la extubación se considera que refleja un estrechamiento de más del 50% de la misma.<sup>55</sup>

Los factores de riesgo más importantes que han sido progresivamente identificados para el edema laríngeo y el estridor tras la extubación, son el género femenino, la intubación prolongada o difícil (bien sea relacionada con la anatomía anormal de la laringe, laringoscopia difícil, múltiples intentos o personal inexperto), la falta de administración de miorrelajantes durante la misma, la utilización de un tubo de talla grande (> 8 mm en hombres o > 7 mm en mujeres) y una presión del neumotaponamiento elevada.<sup>56 57 53 58</sup> No obstante, la duración de la intubación y el tamaño del tubo endotraqueal (incluidos aquellos con puerto adicional de aspiración de secreciones), no parecen asociarse con una mayor severidad de las lesiones laríngeas identificadas.<sup>59</sup> No obstante y desafortunadamente, ninguno de estos factores de riesgo es suficientemente sólido para identificar a los pacientes con mayor riesgo, para poder así tratarlos de manera preventiva antes de la extubación. Se ha estudiado el *Cuff Leak Test* como prueba que

permite identificar a los pacientes de bajo riesgo.<sup>53</sup> Esta prueba trata de reflejar la luz viable laríngea y consiste en calcular la diferencia entre el volúmen de aire inspirado y espirado mientras el paciente es ventilado en modalidad volúmen control con el neumotaponamiento hinchado y deshinchado. Así, si existe poca diferencia entre estos volúmenes, se interpreta que existe una oclusión de la luz alrededor del tubo endotraqueal, con el consecuente riesgo de presentar clínica de obstrucción de la vía aérea superior al retirar el tubo endotraqueal. La evidencia de su utilidad para predecir estridor se debate como consecuencia de la variabilidad de los estudios en cuanto a sensibilidad y especificidad. En un metaanálisis por Ochoa *et al.*<sup>60</sup> se estima una sensibilidad del 56% y una especificidad del 92%.

Entre un 10-20% de las extubaciones fracasan y esta situación se asocia a un mal pronóstico.<sup>61</sup> En una serie de 136 pacientes, el 12% presentaron fracaso de la extubación en las primeras 48 horas; entre estos pacientes el 47% presentaron estridor. No obstante, sólo el 50% de los pacientes que presentaron estridor, requirió reintubación.<sup>62</sup>

El edema de cuerda vocal, su inmovilidad y la aparición de lesiones por granulación, son las lesiones que más frecuentemente producen fracaso de la extubación.

Estas lesiones son generalmente diagnosticadas mediante laringoscopia y mayoritariamente curan de manera espontánea. Se describen las principales a continuación, de manera más detallada:

- Edema laríngeo: Consiste en una acumulación de líquido en el espacio intercelular de la mucosa, que se puede asociar a algún otro signo inflamatorio. Un discreto edema de la mucosa, se observa entre el 5 y el 45% de los individuos tras la extubación; el amplio rango de incidencia hallado en la literatura, puede deberse a las diferentes definiciones consideradas y a la ausencia de método estandarizado para su identificación. En adultos, la traducción clínica de este proceso es casi insignificante, siendo clínicamente significativo sobretodo cuando, como consecuencia, se ve afectada la movilidad de las cuerdas vocales o la disminución de la luz que provoque estridor.<sup>62</sup> Se ha descrito que precisan reintubación sólo un 5 % de los pacientes que lo padecen.<sup>63</sup>
  
- Ulceración mucosa: Es una lesión inflamatoria abierta y profunda sobre la mucosa, que implica pérdida de tejido. Las úlceras laríngeas se observan en la tercera parte de los pacientes después de la extubación, sobretodo en intubaciones que se prolongan más de 4 días. Son más frecuentes en la porción posterior de las cuerdas vocales, donde es más importante la fricción del tubo.<sup>64</sup>
  
- Granulomas: Es un tipo especial de inflamación en forma de masa más o menos esférica, formada por células inmunes que se organizan para generarla cuando el sistema inmunológico intenta aislar sustancias extrañas, gérmenes o lesiones, que otros mecanismos de

defensa han sido incapaces de eliminar. La duración de la intubación y la severidad de otras lesiones laríngeas, no parecen predecir la formación de granulomas. La ronquera que persiste más de 7-10 días después de la extubación, puede indicar la presencia de estas lesiones. Según su localización, pueden comprometer seriamente la permeabilidad de la vía aérea y en ocasiones pueden requerir extirpación quirúrgica.

- Lesiones de cuerdas vocales: La parálisis unilateral de cuerda vocal típicamente se manifiesta en forma de ronquera inmediatamente después de la extubación. Se debe a la compresión de la rama anterior del nervio recurrente laríngeo que, por su localización, queda entre el tubo endotraqueal y el cartílago tiroides, en la laringe subglótica.<sup>65</sup> La cuerda vocal paralizada queda fija en posición de aducción. Se suele resolver en días-meses. La parálisis bilateral es menos frecuente, pero sus manifestaciones son más graves, por la falta de permeabilidad de la vía aérea. El riesgo de lesión del nervio recurrente, se puede disminuir evitando tubos endotraqueales excesivamente grandes, minimizando a su vez su movilización, así como siendo cautelosos con los neumotaponamientos excesivamente hinchados. Las sinequias de cuerdas vocales son infrecuentes, pero al igual que las parálisis, pueden ser graves si comprometen la luz de la vía aérea.<sup>66</sup>

- Laringoespasm: Es un reflejo exagerado y prolongado de cierre glótico, mediado por el nervio laríngeo superior, como respuesta desproporcionada a estímulos de la glotis o área supraglótica, como puede ser el tubo endotraqueal, y que puede persistir después de retirarlo. Como opción terapéutica se puede subluxar anteriormente la articulación témporo-mandibular, ejerciendo una fuerte presión desde los ángulos maxilares. Este movimiento produce un alargamiento del músculo tirohioideo y libera el sector supraglótico, a la vez que se desplaza el geniogloso y por lo tanto, también la lengua se moviliza en dirección anterior. El movimiento se extiende más adelante de los músculos genihiodeos, al hueso hioides, ligamentos y sector paraglótico que son tirados hacia fuera de las cuerdas vocales falsas y así el paso laríngeo se abre. Si las maniobras de la vía aérea no mejoran la ventilación, se requiere un relajante muscular y reintubación.<sup>67</sup>
  
- **DISFAGIA**: Es la dificultad en el mecanismo de la deglución. La mitad de los pacientes extubados presenta estas alteraciones, siendo menos frecuente su consecuencia más grave, la broncoaspiración. La mayoría se resuelve espontáneamente.<sup>68</sup>

Los factores de riesgo son la duración de la intubación, las lesiones cerebrovasculares y algunas complicaciones sépticas.

Muchos clínicos no permiten a los pacientes que han estado intubados de manera prolongada, iniciar la ingesta durante al menos 24 horas

tras la extubación. Otros hacen una evaluación de la presencia de disfagia previamente. No hay evidencia que apoye ninguna de las dos opciones en la práctica clínica. Hay que tener en cuenta, por otro lado, que hay literatura científica que indica que sólo la cuarta parte de los pacientes recibe la nutrición correcta, más del 75% de sus requerimientos, en la primera semana tras la extubación.<sup>69</sup>

- **ESTENOSIS TRAQUEAL:** Es una temible complicación tardía que implica el estrechamiento o constricción de la luz traqueal. Actualmente esto ocurre con mucha menos frecuencia, gracias a la utilización rutinaria de los neumotaponamientos de baja presión. Los síntomas pueden presentarse desde la quinta semana hasta meses después de la extubación. En casos moderados pueden presentar disnea o tos ineficaz. Si la vía aérea se reduce a más del 50%, el paciente manifiesta con más probabilidad estridor.<sup>55</sup>

La estenosis traqueal está fundamentalmente originada por una elevada presión en el neumotaponamiento. Cuando esta presión sobrepasa la presión media capilar de la mucosa traqueal, aproximadamente 20 cmH<sub>2</sub>O, se obstruye el flujo de sangre capilar y se origina inflamación y erosión de la mucosa. Todo ello puede acabar degenerando en necrosis, destrucción de la arquitectura traqueal y formación de una cicatriz que cierre finalmente la tráquea.

La evaluación de la función pulmonar demostrará un patrón obstructivo. El diagnóstico definitivo requiere visualización de la lesión mediante fibrobroncoscopio, aunque últimamente se sugiere que la

tomografía axial computerizada, conocida como broncoscopia virtual, puede ser igual de efectiva.<sup>70</sup> La estenosis traqueal puede precisar resección quirúrgica o colocación de cánulas tipo “*stents*”.

Dentro de las lesiones obstructivas traqueales, están descritas las pseudomembranas traqueales fibrinosas obstructivas; es una patología infrecuente, pero puede ser otra causa de fracaso de la extubación. En estos casos el fibrobroncoscopio muestra una membrana gruesa, circular y de aspecto gomoso, adherida a la pared traqueal en el lugar del neumotaponamiento. A veces es necesario extirparla mediante broncoscopio rígido.<sup>71</sup>

- **TRAQUEOMALACIA:** Se define como la pérdida de rigidez traqueal producida por una alteración estructural de su pared.

En el sujeto normal, la tráquea sufre cambios en su longitud y diámetro; así pues, se acorta durante la flexión cervical, la espiración y la tos, y disminuye de calibre con la espiración forzada y la tos. Ésto se produce por compresión de las caras laterales de los anillos cartilagosos y desplazamiento anterior de la cara membranosa. La traqueomalacia es la exageración patológica de todos estos cambios, que lleva a una interferencia significativa del flujo aéreo normal y del aclaramiento traqueobronquial. La causa más frecuente es la lesión postintubación en la zona de presión del manguito del tubo endotraqueal. En dicha zona, los cambios inflamatorios llevan a la pérdida de la rigidez de la pared traqueal.

La broncoscopia demuestra el colapso anormal de la vía aérea con la respiración forzada y la tos. Incluso el movimiento de la cara membranosa puede llegar a contactar con la cara anterior cartilaginosa, provocando el colapso completo de la vía aérea.

La semiología más frecuente incluye sibilancias espiratorias y estridor, más frecuentemente con los movimientos de respiración forzada, y sintomatología en forma de tos e incapacidad para la expectoración de secreciones. La espirometría demuestra una caída brusca de la fase espiratoria seguida de un aplanamiento de la curva.

Para su tratamiento se puede aplicar presión positiva al final de la espiración, mediante dispositivos de ventilación mecánica. Puede llegar a ser necesaria la implantación de prótesis endotraqueales y en algunos casos extremos, incluso la reparación quirúrgica mediante técnicas de resección del segmento malácico y anastomosis término-terminal.

- **FÍSTULA TRÁQUEO-ESOFAGICA:** Es la generación de una conexión anormal entre los dos órganos o tejidos. La formación de una fístula traqueoesofágica en un paciente intubado es infrecuente, pero las consecuencias pueden ser devastadoras. Los pacientes desarrollan neumonías aspirativas de repetición, prolongando la necesidad de ventilación mecánica. El mayor factor de riesgo es la presión elevada del neumotaponamiento, otros son la elevada presión en la vía aérea, excesiva movilidad del tubo endotraqueal y la propia ventilación mecánica de manera prolongada.

La evaluación de una posible fístula traqueoesofágica generalmente requiere un esofagograma con contraste, esofagoscopia y/o broncoscopia.

Las medidas conservadoras aisladas acostumbran a ser inefectivas y estarán indicadas hasta que el paciente esté lo suficiente estable para una reparación quirúrgica. Se deberá colocar el neumotaponamiento distal a la fístula, elevar el cabezal de la cama, realizar aspiraciones frecuentes e incluso se puede plantear alimentación mediante yeyunostomía y aspiración del contenido gástrico mediante gastrostomía para así garantizar la ausencia de reflujo gastroesofágico.<sup>72 73</sup>

- SINUSITIS: El tubo endotraqueal puede impedir el drenaje de los senos, generando colecciones de fluido no infectado en el interior de los mismos. El aspecto de estas colecciones en la mayoría de estudios radiológicos, se describe como una opacificación. Finalmente, si el fluido del interior de los senos, se infecta, se originan las sinusitis de tipo nosocomial.

Aproximadamente el 8% de los pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos desarrollan sinusitis. Los factores de riesgo son la propia intubación endotraqueal, la colonización nasal por gérmenes Gram negativos, la nutrición enteral por sonda nasogástrica, la sedación y un estado de consciencia con una puntuación inferior a 7 en la escala de Glasgow.

El diagnóstico de sinusitis nosocomial debería plantearse en todos los pacientes que presentan fiebre, sin otra focalidad clínica infecciosa, sobretudo si se evidencia drenaje nasal purulento. Como ya se ha señalado,

la imagen que se observa en la radiografía simple es de opacificación, siendo preferible el diagnóstico mediante tomografía axial computerizada, por su mayor sensibilidad y fácil interpretación. El diagnóstico de imagen mediante ultrasonografía es de similar sensibilidad pero hay pocos radiólogos experimentados en esta técnica. El cultivo microbiológico es fundamental en el diagnóstico. La endoscopia con aspiración del meato es un método de obtención de muestra que acostumbra a ser bien tolerado. Los gérmenes que la originan son similares a los que provocan la neumonía asociada a la ventilación mecánica.<sup>74 75</sup>

#### 1.3.6. Diagnóstico de las complicaciones del tubo endotraqueal.

##### *1.3.6.1. Fibrobroncoscopia*

El examen directo del árbol traqueobronquial con un tubo flexible (fibrobroncoscopia) representa uno de los avances más significativos en el diagnóstico de las enfermedades respiratorias y actualmente constituye la técnica de elección en la valoración de muchas de ellas. Desde 1897, en que el alemán J.G. Killian desarrolló el primer broncoscopio rígido o el japonés S. Ikeda en 1967 realizó la primera fibrobroncoscopia o broncoscopia flexible, su continua evolución, ampliación y perfeccionamiento ha llegado a constituir una subespecialidad en todos los centros de referencia. Su uso adecuado es de gran utilidad para el diagnóstico y, en ocasiones, el tratamiento de diversas

enfermedades que afectan al aparato respiratorio; permite obtener muestras de las secreciones bronquiales, mucosa bronquial, parénquima pulmonar, e incluso de las adenopatías mediastínicas o lesiones más periféricas para su estudio microbiológico, citohistológico, bioquímico o inmunológico.

La fibrobroncoscopia se realiza a través de un tubo flexible de una longitud de aproximadamente 50-60 cm y un diámetro en torno a 5 mm, por donde se extiende la fibra óptica. A través de una conexión a una fuente de luz, se consigue un campo de visión que puede ser directa o a través de un adaptador por la pantalla de un monitor.

En la parte proximal se encuentra una óptica regulable o la conexión al monitor y una palanca posterior que permite la movilización de la punta distal del instrumento que facilita el acceso a las localizaciones más superiores o posteriores. Desde la parte más proximal a la distal se extiende una canal de unos 2 mm, que comunica el exterior con las distintas zonas a las que accedemos, y permite la instilación de la anestesia o suero, la aspiración del contenido endobronquial o la introducción de los dispositivos (pinzas o catéteres) para la realización de las distintas técnicas.

El extremo distal del tubo se introduce habitualmente por vía nasal, aunque también puede introducirse por la boca, una traqueostomía o un tubo oro-traqueal. La vía de introducción nasobucal permite la valoración de la laringe y especialmente, de la morfología y movilización de las cuerdas vocales. A continuación se accede a la tráquea, la carina y los bronquios principales; así mismo, se examinan de forma sistemática, cuidadosa e independiente ambos árboles bronquiales, con valoración de la morfología, configuración, coloración

o vascularización de los distintos segmentos y el acceso de las vías respiratorias más periféricas viene fundamentalmente limitado por el grosor de dispositivo. Esta exploración tiene habitualmente una duración inferior a los 20-30 minutos.

Las indicaciones de la broncoscopia han ido ampliándose con el tiempo y pueden clasificarse en tres grupos: diagnósticas, terapéuticas o para el control de la eficacia de determinados tratamientos.

Dentro de las indicaciones diagnósticas se incluye la sospecha de patología laringotraqueal tras la extubación, siendo esta técnica considerada como "*gold standard*".<sup>76</sup>

Touat<sup>77</sup> et al. en 2012, aprovechando los datos de un estudio prospectivo en una unidad de cuidados intensivos médica, que se diseña inicialmente para describir el impacto del control continuo de la presión del neumotaponamiento para evitar la microaspiración del contenido gástrico, desarrolla un nuevo estudio, que analiza la incidencia, factores del riesgo y evolución de las lesiones traqueales en relación a la intubación. Son pacientes intubados con un tubo endotraqueal que incluye un neumotaponamiento de baja presión y alto volumen de polivinilo, sin que se realice aspiración de secreciones subglóticas. Dos neumólogos ciegos para el estudio, practican traqueoscopia en las primeras horas tras la extubación y, en aquellos pacientes en los que se detectan más de dos lesiones isquémicas, úlceras o rotura traqueal, se repite a las dos semanas, después de la última extubación. Se analizan 96 pacientes, de los que el 83% presentaba al menos una lesión traqueal isquémica y el 37 % obtenía, en un sistema de puntuación para isquemia, un resultado por encima de la mediana. Las lesiones detectadas fueron: isquemia (68%), hiperemia (54%), úlcera (10%)

y rotura traqueal en un paciente (1%); éste último no presentó clínica compatible ni signos sugestivos en las pruebas de imagen, se le intubó sin incidencias en urgencias y a las 10 horas ingresó en la unidad de cuidados intensivos detectando una presión del neumotaponamiento de 90 cmH<sub>2</sub>O; y aunque el paciente rechazó más seguimiento endoscópico, no tuvo complicaciones clínicas posteriores. El porcentaje de pacientes con lesiones consideradas como severas fue del 33%. Todas las lesiones detectadas se localizaban en la zona de contacto con el neumotaponamiento. En el análisis univariado detectan como factores de riesgo para puntuación de isquemia superior a la mediana: la duración del bloqueo neuromuscular, la duración de la ventilación mecánica en modo asistida-controlada, la hiperinsuflación del neumotaponamiento por encima de 30 cmH<sub>2</sub>O, el porcentaje de determinaciones de presión del neumotaponamiento por encima de 30 cmH<sub>2</sub>O y la presión plateau; en el análisis multivariante, el único factor independiente identificado fue la duración de la ventilación mecánica en modo asistida-controlada. Los autores creen que posiblemente pueda estar en relación a que la presión del neumotaponamiento es mayor en esta modalidad, por lo que se sugiere utilizar, en lo posible, modalidades de soporte; no obstante, apuntan que se necesitan más estudios para una recomendación firme. La valoración traqueal de los pacientes a los que se les repitió la traqueoscopia, en total 22, fue normal en todos ellos. No se detectaron granulomas ni estenosis. Dos pacientes presentaron disnea de origen laríngeo, sin hallar relación con la puntuación de isquemia traqueal. Cuando se dividen a los pacientes en función de la gravedad de las lesiones por encima o por debajo de la mediana y se comparan, no se hallan diferencias en cuanto a la duración de

la ventilación mecánica, estancia en unidad de cuidados intensivos o mortalidad. Como limitaciones principales se describe que es un estudio unicéntrico, púramente no diseñado para lo que se analiza, que sólo el 33% de los pacientes fueron evaluados por los dos neumólogos, la utilización de un sistema de puntuación de la que se desconoce su significación clínica y la falta de registro de las aspiraciones endotraqueales durante el periodo de traqueostomía, aunque las lesiones halladas coinciden con la zona de presión del neumotaponamiento.

El porcentaje global de complicaciones reportada en la literatura varía entre 5 - 7,5%. Las complicaciones menores son más frecuentes, como la hemorragia leve que presenta cifras que se encuentran entre 0,12-7,5%. Las complicaciones varían según la técnica empleada, alcanzando las cifras más altas aquellos procedimientos que incluyen obtención de tejido.<sup>78</sup> La presencia de complicaciones graves como la hemoptisis severa, neumotórax a tensión o muertes, son las complicaciones más temidas al realizar los procedimientos. Jin y cols en un estudio retrospectivo que incluyó a 23.862 pacientes, analizaron la frecuencia de complicaciones severas en un período de 20 años, encontrando que 152 pacientes presentaron algún tipo de complicación grave, como laringoespasma o broncoespasmo, los más frecuentes, seguido por hemoptisis severa y arritmias cardíacas.<sup>79</sup>

La fibrobroncoscopia es una prueba invasiva que puede ser mal tolerada, sobretodo en relación a la tos y sensación de disnea que genera. Todo esto implica, por un lado una mayor dificultad en la realización de la exploración y un menor rendimiento diagnóstico. Por otro lado, el malestar que sufre el paciente le dificulta la aceptación de una repetición de la broncoscopia que en

ocasiones es necesaria.<sup>80</sup> Por este motivo, cada vez más broncoscopistas administran sedación o trabajan en colaboración con un anestesista que aplica una sedación que genera una mayor tolerancia, confort y cooperación por parte del paciente. Sin embargo, otros grupos de broncoscopistas no consideran la sedación como una técnica habitual en la broncoscopia, y sólo la aplican en situaciones de ansiedad evidente, cuando se procede a técnicas más invasivas o cuando el paciente expresa su deseo de ser sedado. Justifican la no utilización de la sedación por los riesgos derivados del uso de los distintos fármacos sedantes, mayor coste, necesidad de un tiempo de recuperación que alarga el procedimiento e incapacidad del paciente para cooperar o de avisar del dolor torácico cuando se practica una biopsia transbronquial y la pinza contacta con la pleura.<sup>81</sup>

#### *1.3.6.2. Estudios de imagen*

La tomografía computerizada con multidetector ha sido una revolución en la tecnología de la tomografía, dada su elevada velocidad y su capacidad para adquirir secciones progresivamente más delgadas que permiten una reconstrucción volumétrica. Además de las ya demostradas ventajas de la tomografía en cuanto a baja invasividad, seguridad, rapidez, reproductibilidad y excelente resolución de las estructuras anatómicas, los aparatos más modernos disponen de esta técnica para realizar reconstrucciones multiplano de gran resolución. Los programas informáticos más avanzados permiten que estas estaciones de trabajo, ofrezcan a los radiólogos modos de imagen en volumen o

tres dimensiones que complementan la información de la tomografía axial convencional, aumentando así la exactitud en el diagnóstico.

El broncoscopio virtual es esencialmente una técnica realizada al final de procedimiento tomográfico, que mediante reconstrucción de imágenes crea una nueva en tres dimensiones de la superficie interna traqueobronquial, simulando una imagen endoluminal similar a la del broncoscopio. Los beneficios de esta técnica están en progresivo reconocimiento. No obstante, deben tenerse en cuenta también sus limitaciones para hacer un uso adecuado.

Así pues, el broncoscopio virtual, complementa a la tomografía computerizada, y añade un valor en la exactitud diagnóstica, sin aumentar la irradiación al paciente.

Por otro lado, debemos considerar que no es una herramienta que pueda sustituir por completo a la broncoscopia convencional, sobretodo en su función terapéutica y de toma de muestras para microbiología y anatomía patológica.

No se deben despreciar las desventajas de la fibrobroncoscopia, sobretodo en cuanto a que es una prueba invasiva y que genera importantes molestias al paciente, por lo que se precisa de un procedimiento de sedación y se asocia a cierto grado de morbilidad.

La broncoscopia virtual, se puede considerar como una herramienta efectiva como prueba de cribado o screening, para aquellos pacientes que se podrían beneficiar de una fibrobroncoscopia, reduciendo así los pacientes que realmente precisan pasar por esta prueba más invasiva. A su vez, es útil como navegador previo antes de una fibrobroncoscopia, para un estudio endoscópico más dirigido.

La fibrobroncoscopia por otro lado, a diferencia de la tomografía, no permite la evaluación de las estructuras que rodean la pared externa de la tráquea.

La estenosis traqueal por fibrosis es la complicación tardía más frecuente de las atribuibles al tubo endotraqueal o de la traqueostomía.<sup>82 83</sup> A pesar del uso de los neumotaponamientos de baja presión, la incidencia de estenosis traqueal post-intubación persiste en relación a otros factores como la utilización de la ventilación prolongada, la excesiva movilidad del tubo, infecciones y otros. La fibrobroncoscopia como prueba diagnóstica en esta patología, a pesar de seguir siendo considerada como la exploración “*gold standard*”, tiene sus limitaciones, como la incapacidad para pasar a través de zonas estrechas y la baja tolerancia de algunos pacientes.<sup>84</sup> La mayoría de patología de la vía aérea superior puede ser estudiada de manera adecuada mediante tomografía axial computerizada simple. Hay que tener en cuenta en el estudio puramente axial, las limitaciones en la evaluación de las lesiones, dado que se puede hacer una subestimación de la longitud craneo-caudal de éstas. Por otro lado, se puede generar una dificultad en la valoración de aquellas interfases o superficies de las vías aéreas que quedan dispuestas de manera paralela al plano axial, y para intentar minimizarlo, puede ser laboriosa la revisión de múltiples imágenes.<sup>85 86 87</sup> La creación de las imágenes en dos y tres dimensiones, a partir de los datos axiales, puede ayudar a solventar estas limitaciones.

En 1998 McAdams *et al.* describió en la detección de estenosis traqueal con broncoscopia virtual una precisión del 97%.<sup>88</sup> Por otro lado, Sun *et al.*, en 2007, tuvieron un 11,1% de falsos resultados y un 92% de los casos en los que se hizo la detección de la estenosis.<sup>89</sup>

Koletsis *et al.*<sup>84</sup> en 2007, halló que las imágenes reconstruidas de la tomografía detectaban las mismas estenosis que la broncoscopia, observando que la tomografía además detectaba aquellas situadas más allá de los lugares en los que la broncoscopia no podría atravesar las zonas estrechas para avanzar, por lo que apuntaba que es superior en la detección de lesiones múltiples. También se contempla la tomografía axial como estudio preliminar en pacientes que no pueden someterse a estudio mediante broncoscopia.

En un estudio por M.Shehata *et al.*<sup>90</sup> en 2009, se estudian de manera prospectiva 14 pacientes con estenosis traqueal tras intubación, que tenían indicación de reparación quirúrgica, y se compararon los hallazgos de la broncoscopia rígida con los de la tomografía axial con reconstrucción tipo broncoscopia virtual y los hallazgos intraoperatorios, para determinar la precisión diagnóstica y la utilidad de cada procedimiento diagnóstico. La broncoscopia pudo detectar el 88% de las lesiones y la estimación de la longitud de la lesión fue correcta en 73% de los casos. La endoscopia virtual, por otro lado pudo detectar 94% de las lesiones, con correcta estimación de la longitud en un 87%, y del grado de estenosis en un 94%. No obstante, señalan que, obviamente, la valoración de otros aspectos como la movilidad de las cuerdas vocales, sólo se pudo realizar mediante la broncoscopia. La precisión de la medida de la longitud de la estenosis tiene una importante trascendencia para determinar si el paciente dispone de suficiente traquea viable, para poder realizar una cirugía de anastomosis segura, y así evitar que no quede sometida a importante tensión y se mantenga correctamente perfundida. En dos pacientes de este mismo estudio, la longitud de la lesión fue infraestimada mediante la

tomografía, lo cual puede deberse a la limitación de esta técnica en las estenosis de bajo grado con sutil participación de la mucosa.<sup>91 92</sup> En el estudio, la valoración mediante tomografía de la laringe subglótica tuvo una elevada sensibilidad y especificidad, en contra la baja sensibilidad hallada en 2006 por Carretta *et al.*<sup>93</sup>

Resultados similares a Shehata *et al.* se repiten en el estudio de Morshed *et al.* en 2011 con 37 pacientes.<sup>94</sup>

No hemos hallado en la literatura revisada grandes estudios que evalúen específicamente lesiones traqueales relacionadas con los tubos endotraqueales mediante tomografía. Únicamente se dispone de un estudio no publicado, por Gómez *et al.* en España, que analiza en 49 pacientes intubados más de 48 horas, y mediante tomografía multidetector, la incidencia de lesiones traqueales. Este estudio fue presentado como comunicación oral en un congreso y describía una incidencia del 24,4%.<sup>196</sup>

Podemos concluir que la información proporcionada por la tomografía axial con reconstrucción de imágenes en broncoscopia virtual, puede considerarse una prueba que podría sustituir al broncoscopio en determinados casos.<sup>95 96</sup> La información adicional necesaria sobre la función laríngea se podría sustituir mediante el examen nasolaringoscópico con el paciente despierto, de este modo se pueden minimizar los riesgos de una anestesia. La broncoscopia virtual también se plantea como herramienta evaluadora en el seguimiento de los pacientes tras un procedimiento endobronquial para evaluar el grado de estenosis, evitando molestas broncoscopias.<sup>97</sup>

Las técnicas de imagen en medicina son un herramienta muy útil en el diagnóstico y seguimiento de múltiples enfermedades, considerándose esenciales en el cuidado de la mayoría de pacientes. Por otro lado, sirven como guía en intervenciones diagnósticas y terapéuticas. La tomografía computerizada, es una técnica de imagen que ha ido evolucionando y expandiéndose en los últimos años, aumentando en Estados Unidos de 26 millones de procedimientos en 1998 a más de 70 millones en 2008. Se calcula que un millón de estos pacientes han recibido la suficiente irradiación a través de tomografía computerizada, para haber acumulado dosis que pueden superar los 250 mSV.

Las dosis de irradiación absorbida por la materia viva se mide en unidades, siendo las más conocidas el Sievert (Sv) y el Gray (Gy). El Sievert es equivalente a un Julio por Kilogramo y equivale a un Gray (Gy), multiplicado por un factor que depende de la densidad de ionización de la radiación.

Durante los últimos años han ido apareciendo algunos artículos que predicen miles de cánceres en relación a las pruebas de imágenes médicas que utilizan radiación ionizante.

Los datos en cuanto a la irradiación ionizante como factores de riesgo cardiovascular son confusos por la baja calidad de los estudios desarrollados. En cambio, parece ser más clara la relación de la irradiación con el desarrollo de cataratas; la Comisión Internacional de Protección Biológica determina la dosis umbral de riesgo para la inducción de cataratas en 0,5-5 Gy en exposiciones agudas, considerando las dosis inferiores, de riesgo confuso o desconocido.<sup>98</sup>

En los años 80' la dosis anual per capita de irradiación recibida era de 3,6 mSV en la población de Estados Unidos, contribuyendo la irradiación médica sólo en 0,54 mSv. En 2006 las cifras habían aumentado la dosis global a 6,2 mSv, contribuyendo los procedimientos médicos en 3 mSv. Este incremento refleja los avances tecnológicos y el incremento de aplicaciones de las pruebas de imagen médicas. Brenner *et al.*<sup>99</sup> estimaron que en el futuro el 1-2% de todos los cánceres de los Estados Unidos podrían atribuirse a estudios por tomografía computerizada. Por otro lado, Berrington de González *et al.*<sup>100</sup> predecía que 29.000 cánceres y 14.500 muertes serían atribuibles a exámenes por tomografía computerizada. Este tipo de alarmantes predicciones generaron planteamientos y dudas en relación a la fiabilidad de los datos en los que estaban basados y qué grado de especulación divulgaban. Varios trabajos científicos han considerado las limitaciones que hasta ahora se disponen en el conocimiento de los efectos de las bajas dosis de irradiación en el ser humano.

Durante las últimas seis décadas varios estudios epidemiológicos han intentado documentar las consecuencias sanitarias de la exposición a bajas dosis de radiación ionizante. Las fuentes de datos utilizadas se dividen en cuatro categorías: Los supervivientes de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki (Datos de la Fundación de Investigación de los Efectos de la Irradiación-RERF), personas expuestas a irradiación médica, trabajadores de la industria nuclear y poblaciones expuestas a irradiación medioambiental, incluyendo Chernobyl.

Se ha intentado hacer metaanálisis de estudios que analizan el riesgo según las dosis de irradiación recibidas, que comprenden al menos 400 casos de cáncer

sólido. No es posible considerar aceptables sus resultados debido a una amplia diversidad en los estudios, la estimación de dosis inadecuadas, la falta de información sobre otros factores de riesgo y una inclinación hacia una mayor publicación de los estudios con resultados positivos.

La Academia de Ciencias Nacional de los Estados Unidos ha encargado estudios sobre los efectos en la salud de bajos niveles de irradiación. Los estudios desarrollados se referencian como Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante (BEIR). En las últimas series del BEIR (VII), se examinan las fuentes de datos de las cuatro categorías mencionadas, pero dándoles un mayor peso a los del RERF (The Radiation Effects Research Foundation); posteriormente, sus modelos de desarrollo se proyectan hacia la incidencia de cáncer y muertes atribuibles a las exposiciones médicas.

El programa RERF ha seguido a 120.000 supervivientes de la bomba atómica, 93.000 que se hallaban en Hiroshima y Nagasaki durante la explosión y 27.000 residentes que no se hallaban en la ciudad (a menudo éstos últimos son excluidos de los estudios que analizan los efectos sobre la salud en población expuesta). La media de dosis recibida estimada es de 200 mSv. A estas dosis no existe desacuerdo sobre los efectos nocivos de la radiación. A menos de 100 mSV no ha sido posible identificar un incremento de incidencia de cáncer en la población. Es un reto extrapolar los efectos sobre la salud en población japonesa expuesta a bajas dosis de irradiación por bomba atómica, a la población que se expone a irradiación por procedimientos médicos en otros países, fundamentalmente por la desigualdad en cuanto a población y tipo de irradiación. Por un lado, la incidencia y tipos de cáncer en Japón son muy

diferente a las de otros países; además, las exposiciones médicas son de baja energía y administradas de manera intermitente, acumulándose tras varios procedimientos. Por otro lado, los procedimientos médicos utilizan rayos X y gamma, mientras que la irradiación por bomba atómica despidió rayos gamma, neutrones y partículas cargadas. Los supervivientes de Japón fueron expuestos de manera global en todo su cuerpo, mientras que a nivel médico, la irradiación es confinada a una región específica. En los días posteriores a la explosión nuclear en Japón hubo limitación en la llegada de alimentos por lo que la población se vio desnutrida y expuesta a otras enfermedades, lo cual pudo magnificar los efectos de la irradiación. A tener en cuenta también que la explosión, además de irradiación, despidió intenso calor, presión, fuego y fragmentos de ruina. El servicio médico fue limitado. Todo ello, genera un contexto de población a estudio muy diferente al de la población actual expuesta a una prueba de imagen médica, poniendo en compromiso las conclusiones derivadas de la extrapolación de los efectos de la irradiación sobre la salud en una población y otra.

Al margen de los datos de la RERF, la mayoría de estudios poblacionales que han podido revelar efectos nocivos de la irradiación sobre la salud, han sido en pacientes sometidos a dosis relativamente elevadas y órganos específicos. Incluso estudios en trabajadores de la industria nuclear muestran disminución de la incidencia de cáncer respecto otras poblaciones, que se atribuye a que ésta es una población seleccionada más saludable que la población general, por el simple hecho de ser población activa (“Health Worker Effect”). El análisis BEIR VII excluye todos estos estudios de sus bases de datos.

El análisis BEIR utiliza un modelo de análisis llamado lineal sin umbral en la extrapolación de los efectos de inducción de cáncer a dosis de más de 100 mSv, frente a los efectos de bajas dosis durante las imágenes médicas. Éste es un modelo sin base sólida biológica o epidemiológica que apoye su uso, sobretodo porque no se contempla que exista un umbral por debajo del cual los efectos genéticos celulares inductores de cáncer, no ocurran. Este modelo se utiliza por su simplicidad y enfoque conservador, dado que sobreestima el riesgo de cáncer con bajas dosis de irradiación. También se procesan los datos mediante modelos de riesgo llamados de vida atribuible, que presentan grandes limitaciones.

Por otro lado, se realiza una estimación de incidencia de cáncer y muerte por irradiación médica que asume que la distribución de edad de la población expuesta se asemeja a la población general, lo cual no es válido, puesto que los pacientes de más edad son los que reciben más pruebas de imagen y por otro lado, son los que tienen menos probabilidad de desarrollar un nuevo cáncer debido a su menor expectativa de vida, tanto por la propia edad, como porque muchos presentan alguna patología, que a la vez que les motiva la indicación de la prueba, en cierto modo, también les acortará la vida.

En 2007 Preston *et al.*<sup>101</sup> publica una revisión de los estudios de la RERF, comparando la incidencia de cáncer en las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki expuestas, con residentes de las mismas ciudades que no se hallaban en la ciudad en el momento de la explosión, hallando que no se aumentaba la incidencia de cáncer de colon, en los supervivientes que recibieron dosis inferiores a 100 mSv.

No existen estudios epidemiológicos con sujetos control que hayan demostrado efectos adversos en el desarrollo de cáncer con irradiación inferior a 100 mSv, por lo que es imposible predecir con cierto grado de precisión, la incidencia de cáncer en una población que se expone a estas dosis.

No obstante, y a pesar de la falta de datos con solidez, parece prudente recomendar que en principio, todos los procedimientos de imagen utilicen dosis inferiores a 100 mSv.

Considerando que los predictores de cáncer a dosis inferiores a 100 mSv son controvertidos, la Health Physics Society se ha posicionado de la siguiente manera: se considera dosis de riesgo por encima de 50 mSv en 1 año o dosis vital de 100 mSv. Para dosis inferiores, se considera que el riesgo es tan pequeño que no puede ser observado o es inexistente.

La Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM), que cuenta con más de 7.000 médico-físicos responsables de la calidad y seguridad de los procedimientos de imagen médica, aprobó en 2011 un estamento en el que aconsejan que los procedimientos se realicen con la mínima radiación necesaria para obtener la información deseada; el riesgo inducido por la irradiación ha de tenerse en cuenta en las indicaciones médicas y debe hacerse una correcta valoración del balance con los potenciales beneficios de los procedimientos; también contemplan los riesgos de la irradiación a dosis inferiores a 50 mSv para un solo procedimiento o inferior a 100 mSv para múltiples, durante un corto periodo de tiempo, como bajos para poder ser detectados y los consideran también prácticamente inexistentes. No obstante, los miembros de la AAPM, se esfuerzan en desarrollar nuevas técnicas que minimicen aún más la irradiación

emitida, procurando a su vez maximizar los beneficios en cuanto a calidad de imagen.<sup>102</sup>

El American College of Radiology, ofrece datos orientativos de dosis de irradiación para los procedimientos radiológicos en medicina. Se consideran las dosis para tomografía de tórax, de aproximadamente 7 mSV y para tomografía de cabeza de 2 mSV, correspondiendo respectivamente, a un bajo y muy bajo riesgo estimado de por vida de cáncer fatal debido al exámen.

La American Society of Radiologic Technologists, calcula que para un paciente de 65 años, la realización de un procedimiento de tomografía computerizada centrada en el estudio de las estructuras del cuello, puede incrementar su riesgo de desarrollar un proceso neoplásico maligno en 0,020% sobre un riesgo basal para cáncer a esa edad del 45% ([www.xrayrisk.com](http://www.xrayrisk.com)).

#### **1.4. Neumonía asociada a la ventilación mecánica.**

##### 1.4.1. Epidemiología y patogenia.

La neumonía asociada a la ventilación mecánica es aquella que se produce en pacientes que están recibiendo tratamiento con soporte ventilatorio, ya sea a través de un dispositivo endotraqueal o bien traqueostomía; esta infección debe considerarse como no presente, ni en periodo de incubación, en el momento del

inicio de la ventilación, e incluye las desarrolladas en las 72 horas posteriores a su retirada.

Las neumonías son la segunda complicación infecciosa en frecuencia en el medio hospitalario, y ocupa el primer lugar en los servicios de medicina intensiva, cuyo riesgo está aumentado en más de 20 veces por la presencia de una vía aérea artificial.<sup>103</sup>

En términos generales, las neumonías asociadas a la ventilación mecánica (NAV), presentan una densidad de incidencia de 10–20 episodios por cada mil días de ventilación mecánica, con un riesgo diario de entre 1–3%.<sup>104</sup> En los últimos años, gracias a la definición de los factores de riesgo y a la puesta en marcha de medidas y programas de prevención, tales como el proyecto Neumonía Zero, se ha disminuido la incidencia de estas neumonías; según los datos del informe ENVIN 2015 de nuestro país, programa de vigilancia de infecciones nosocomiales adquiridas en las unidades de cuidados intensivos, se han producido 5,77 episodios por cada mil días de ventilación mecánica. Este riesgo es mayor en los primeros días, y es especialmente alto, en pacientes ingresados en coma, donde se puede llegar a diagnosticar hasta en el 50% de los pacientes.<sup>105</sup> Las neumonías asociadas a la ventilación están asociadas a incrementos significativos en la estancia en UCI (entre 7,3 y 9,6 días), mayores costes sanitarios (22.875 dólares por episodio), así como, a un incremento de la mortalidad (global del 24-76% y atribuible del 13,5-17,5%).<sup>106</sup>

107 108 109

Los principales factores que influyen en la etiología de la neumonía asociada a la ventilación mecánica son:

- Tiempo de ventilación mecánica.<sup>110</sup>
- Administración previa de antibioticoterapia.<sup>111</sup>
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.<sup>112</sup>
- Coma.<sup>113</sup>

La etiología depende, por otro lado y en gran medida, de factores locales, describiéndose diferencias entre unidades de cuidados intensivos de diferentes hospitales e incluso entre unidades de cuidados intensivos de un mismo centro.<sup>114 115</sup>

En la siguiente tabla (tabla 2) se describen de manera clasificada los potenciales factores de riesgo descritos en la literatura.

## FACTORES EXTRÍNECOS

### Relacionados con el paciente:

- Nutrición enteral.
- Posición en decúbito supino.
- Broncoaspiración macroscópica.
- Antiácidos o inhibidores de la bomba de protones.
- Relajantes musculares.
- Antibióticos previos.
- Transporte fuera de la unidad de cuidados intensivos.
- Sondaje nasogástrico.
- Tratamiento barbitúrico.
- Broncoscopia.

### Relacionadas con la ventilación mecánica y accesorios:

- Ventilación mecánica y su duración.
- Presión del taponamiento del balón del tubo < 20 cmH<sub>2</sub>O.
- Intubación urgente.
- Reintubación o autoextubación.
- Cambio de los circuitos de ventilación mecánica en intervalos menores de 48h.
- Ausencia de aspiración subglótica.
- Instrumentalización de las vías respiratorias.

## FACTORES INTRÍNECOS

- Edad extrema (mayor de 65 años).
- Obesidad.
- Alcoholismo.
- Tabaquismo.
- Diabetes mellitus.
- Gravedad de la enfermedad aguda.
- Fracaso multiorgánico o shock.
- Síndrome de distress respiratorio agudo.
- Enfermedad cardiovascular crónica.
- Enfermedad respiratoria crónica.
- Coma / Traumatismo craneoencefálico.
- Neurocirugía.
- Grandes quemados.
- Hipoproteinemia.
- Corticoterapia y otros tratamientos inmunosupresores.
- Enfermedades caquetizantes: neoplasias malignas, cirrosis...
- Infección de vías respiratorias bajas previa.
- Cirugía torácica y del abdomen superior.
- Cirugía maxilofacial y otorrinolaringológica.

Tabla 2.- Factores de riesgo para el desarrollo de neumonía asociada a la ventilación mecánica.

La vía aérea inferior es una zona habitualmente estéril en personas sanas.

Las neumonías nosocomiales son a menudo causadas por bacilos Gram negativos y acostumbran a resultar de la aspiración de bacterias de la orofaringe, previamente colonizada.<sup>116 117 118</sup> Esta colonización se asocia con enfermedades crónicas, uso previo de antibióticos y la propia intubación endotraqueal.<sup>119 120 121</sup> En la patogénesis de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, la relación entre la aspiración crónica de secreciones colonizadas alrededor del neumotaponamiento y el desarrollo de neumonía está bien establecido.<sup>122 123</sup>

Las vías patógenas clásicas descritas para el desarrollo de neumonía asociada a la ventilación son:

- *Aspirativa*: Por macro o microaspiración de secreciones procedentes de orofaringe y estómago. Es el principal origen de la neumonía asociada a la ventilación. La colocación del tubo endotraqueal mantiene las cuerdas vocales abiertas y permite el paso de secreciones que se acumulan en el espacio subglótico, pudiendo alcanzar la vía aérea inferior.
- *Inoculación directa*: A través del tubo endotraqueal, con los procesos de aspiración de secreciones, fibrobronoscopias o nebulizaciones. Muchos tubos endotraqueales (hasta el 84%) son rápidamente colonizados por patógenos nosocomiales generando una película biológica denominada *biofilm*. Estos agregados de bacterias pueden desprenderse de la pared del tubo durante la aspiración traqueal u otros procedimientos como la fibrobroncoscopia, favoreciéndose la emisión de gérmenes al pulmón.<sup>124</sup> Como otros factores que pueden facilitar la inoculación directa, se describen la condensación de agua en

los circuitos del ventilador, la inadecuada higiene de manos o la manipulación inadecuada de equipos e instrumental.

- *Otras vías:*
  - Traslocación bacteriana: mecanismo basado en la disfunción de la mucosa intestinal, que actúa como barrera de protección para los gérmenes. Cuando se daña, generalmente por mecanismos de isquemia, se favorece el paso de bacterias y productos inflamatorios a la sangre.
  - Vía hematológica: desde un foco infeccioso extrapulmonar.

Aunque se deben tener en cuenta todas las vías patógenas, la aspiración de secreciones procedentes de la orofaringe es la vía principal. Se describen dos mecanismos fundamentales: la colonización desde el tracto aerodigestivo y la aspiración de las secreciones contaminadas en las vías aéreas inferiores.

En la orofaringe, senos, tráquea y tracto intestinal superior se produce una colonización bacteriana dinámica, que es el proceso que a menudo precede al desarrollo de la neumonía nosocomial. Dicha colonización se ve favorecida por interacciones entre las bacterias y las superficies mucosas, a través de adhesinas que se unen a los receptores de superficie del huésped. En situación normal, la superficie luminal de la orofaringe está recubierta de fibronectina, que proporciona una buena superficie de adhesión para los *Streptococcus* orales. La disminución de la fibronectina salivar, que presentan a menudo los enfermos críticos, dificulta la adherencia de los cocos Gram positivos, favoreciendo la adherencia de bacterias Gram negativas entéricas. Estas bacterias a su vez tienen actividad propia de degradación de la fibronectina y gran tropismo por la superficie traqueal lesionada.

En la placa subgingival de pacientes con periodontitis se encuentran grandes cantidades de bacterias Gram negativas, proporción que puede aumentar al utilizarse terapia antiácida con fármacos bloqueadores de los receptores de histamina tipo H<sub>2</sub>.

Las vías respiratorias inferiores están protegidas de la colonización bacteriana y, en un huésped sano, permanecen estériles. Los mecanismos de defensa fundamentales son el aclaramiento mucociliar y, en menor grado, las inmunoglobulinas. El mecanismo de la tos, también resulta eficaz en el aclaramiento de la vía aérea. La inflamación bronquial y traqueal produce un enlentecimiento del epitelio ciliar, favoreciendo la colonización bacteriana, particularmente por *Pseudomonas aeruginosa*. La colonización e inflamación de la vía aérea tras la intubación puede aumentar la degradación de las inmunoglobulinas, favoreciendo aún más la colonización por microorganismos Gram negativos.

Existe evidencia del aumento de la colonización gástrica por microorganismos Gram negativos tras la administración de fármacos bloqueadores H<sub>2</sub> o antiácidos. Una posible explicación sería un aumento de flora bacteriana Gram negativa, en la saliva orofaríngea; esta saliva contaminada se deglutiría en un ambiente gástrico favorable, permitiendo su proliferación y la colonización gástrica por estas bacterias. A continuación, el reflujo del contenido gástrico contaminado y la aspiración mecánica hacia el árbol traqueobronquial podrían favorecer el desarrollo de la neumonía asociada a ventilación mecánica.<sup>125</sup>

Por lo tanto, algunos elementos favorecedores para el desarrollo de neumonía asociada a la ventilación mecánica serán los que faciliten la regurgitación gastro-esófago-faríngea, la disfunción en el manejo de las secreciones salivares, la

posición en supino, la escasa presión del neumotaponamiento o la utilización de agentes inhibidores de la movilidad esofágica o antiácidos.

La mayoría de los aislamientos bacterianos obtenidos de los circuitos del respirador y de los condensados se pueden aislar a su vez en los cultivos de las secreciones respiratorias del paciente, por lo que se deduce que la manipulación de estos circuitos contaminados puede favorecer la entrada de un inóculo importante de estos microorganismos hacia las vías respiratorias inferiores. Se ha puesto en evidencia que el cambio de los circuitos de ventilador frecuente aumenta el riesgo de neumonía.

Los tubos endotraqueales juegan un importante papel, dado que facilitan la colonización bacteriana del árbol traqueobronquial. Estos dispositivos predisponen al paciente a la aspiración de secreciones contaminadas puesto que mantienen las cuerdas vocales abiertas y se elimina el reflejo de la tos, con el consecuente acúmulo de secreciones contaminadas por encima del neumotaponamiento. A su vez, parece ser que también se ve favorecido por la formación de un *biofilm* alrededor del tubo endotraqueal y por el desarrollo de sinusitis.<sup>126 127 128 27 25</sup>

El neumotaponamiento del tubo endotraqueal, es un sistema diseñado para aislar la vía aérea, evitando pérdidas aéreas y la entrada de material a los pulmones, pero no es completamente estanco. Por encima del neumotaponamiento se acumulan secreciones contaminadas provenientes de la orofaringe, que caen alrededor del neumotaponamiento y alcanzan la vía aérea inferior. Cuando este inóculo supera la capacidad de defensa del huésped, se produce una reacción inflamatoria cuya expresión histológica se traduce en la aparición de un infiltrado agudo pulmonar compuesto por leucocitos polimorfonucleares. Externamente, apreciaremos la

existencia de secreciones respiratorias purulentas, que pueden ser aspiradas con sondas desde en interior del tubo endotraqueal y radiológicamente aparece una imagen de infiltrado u opacificación pulmonar por condensación neumónica.

Se ha comprobado que una baja presión del neumotaponamiento, que permita un mayor paso de secreciones, se puede asociar al desarrollo de neumonía.<sup>129</sup>

Así, se deduce que las medidas dirigidas al cuidado de la vía aérea evitando la presencia de secreciones, su contaminación, y el paso de ellas a la vía aérea inferior son potenciales objetivos para la prevención de esta patología.

Los gérmenes más frecuentemente implicados en las neumonías asociadas a la ventilación mecánica se describen en la Tabla 3.

Número pacientes (%)	Kollef <sup>130</sup> (n=398)	Agbath <sup>131</sup> (n=313)	NASCENT <sup>132</sup> (n=93)
<b>Gram positivos</b>			
MSSA	35 (8,8)	68 (21,7)	15 (16,1)
MRSA	59 (14,8)	25 (8,0)	10 (10,7)
<i>Streptococcus pneumoniae</i>		24 (7,7)	6 (6,4)
Otros <i>Streptococcus spp</i>		13 (4,2)	
<b>Gram negativos</b>			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	57 (14,3)	43 (13,7)	19 (20,4)
<i>Acinetobacter baumannii</i>	8 (2,0)	10 (3,2)	6 (6,4)
<i>Enterobacteriaceae</i>	38 (9,5)	64 (20,4)	15 (16,1)
<i>Haemophilus influenzae</i>		52 (16,6)	6 (6,4)

MRSA: *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina; MSSA: *Staphylococcus aureus* sensible a meticilina.

Tabla 3.-Microbiología de la neumonía asociada a la ventilación mecánica

Las neumonías asociadas a la ventilación mecánica se clasifican en precoces y tardías, estableciéndose el límite de tiempo para diferenciarlas en el cuarto día desde la intubación. Sin embargo, es probable que los pacientes que han permanecido en el hospital dos o más días antes de la intubación, alberguen microorganismos que más comúnmente se asocian a las neumonías asociadas a la ventilación de comienzo tardío, independientemente de la duración de la ventilación mecánica posterior. Esta diferenciación es importante puesto que se relaciona con una diferente microbiología, lo cual implica un tratamiento diferente.

Las precoces suelen estar producidos por patógenos como *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* y *Staphylococcus aureus* sensible a meticilina. Estos patógenos no suelen presentar dificultad para ser eliminados mediante la mayoría de pautas empíricas antibióticas.

Contrariamente, los pacientes con episodios tardíos suelen presentar riesgo de infección por microorganismos con un perfil de resistencia antibiótica mayor. Entre éstos se encuentran *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* o *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina sobretodo, aunque también pueden existir otros bacilos Gram negativos.

Además, la etiología puede estar condicionada por la existencia de enfermedades de base, tales como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, estados de inmunodepresión, tratamientos antibióticos previos o factores locales, que pueden favorecer tanto la colonización, como que ésta sea por microorganismos de más difícil tratamiento.

La presencia de una opacidad en la radiología de tórax junto con evidencia de infección local (secreciones purulentas por el tubo endotraqueal), y sistémica (fiebre y/o leucocitosis), nos llevan al diagnóstico clínico.

Aunque esta definición no aportaría mayores problemas en pacientes no ventilados, el hecho de que haya muchas entidades que cursen con infiltrados radiológicos en los pacientes críticos (síndrome de distress respiratorio agudo, edema agudo de pulmón) y que estos pacientes puedan presentar fiebre y/o leucocitosis por otras razones, complican en algunos casos, el diagnóstico.

Los criterios de diagnóstico clínico de la neumonía asociada a la ventilación son:

- Paciente sin enfermedad cardíaca o pulmonar que tiene una o más series de radiografías de tórax o escáner cardiotorácico con imagen sugestiva de neumonía (en caso de enfermedad cardíaca o pulmonar subyacente, se precisan dos o más series de imágenes).
- Al menos uno de los siguientes:
  - Fiebre de más de 38 °C, sin otra causa.
  - Leucopenia o leucocitosis.
- Uno o más de los siguientes (en caso de enfermedad cardíaca o pulmonar dos o más de los siguientes):
  - Nueva aparición de secreciones respiratorias purulentas o cambio en sus características.
  - Tos, disnea o taquipnea.

- Auscultación sugestiva: Estertores o sonidos bronquiales en forma de roncus y/o sibilancias.
- Empeoramiento del estado de intercambio gaseoso.

En estudios recientes se plantean nuevos conceptos para el diagnóstico, tales como la necesidad de incremento o del aporte de oxígeno o de la presión al final de la espiración (PEEP).

La traqueobronquitis asociada a la ventilación mecánica es una condición intermedia entre la colonización del tracto respiratorio inferior y la neumonía asociada a la ventilación mecánica. La presentación clínica es similar, excluyendo la imagen radiológica de condensación neumónica.

Una vez realizado el diagnóstico clínico, la recomendación es realizar una prueba de diagnóstico etiológico, antes de iniciar o cambiar el tratamiento antibiótico, sin que éste comporte un retraso en el inicio de su administración.

La obtención de muestras del tracto respiratorio inferior, ya sea mediante aspirado bronquial simple o fibrobroncoscopio, nos permite diagnosticar la etiología de la neumonía con mayor seguridad y filiar el germen causante para realizar un tratamiento más dirigido. La realización de cultivos cuantitativos en las muestras microbiológicas nos facilita un mejor análisis de los resultados, puesto que las muestras microbiológicas únicamente cualitativas, pueden mostrar la presencia de microorganismos, sin que ello implique necesariamente que tengan un papel patogénico en la neumonía. Por otro lado, el cultivo negativo de calidad, debe hacer cuestionar el diagnóstico, sobretodo si no ha habido introducción o cambio de antibiótico recientemente.

Si se realiza una prueba de diagnóstico etiológico y disponemos de la información de la tinción de Gram de manera rápida, podremos orientar mejor el tratamiento empírico inicial. La identificación etiológica definitiva del microorganismo nos debe ayudar, por otro lado, a descalar o reevaluar el tratamiento antibiótico iniciado.

El manejo terapéutico de la neumonía asociada a la ventilación conlleva dos tratamientos simultáneos: el de soporte y el antibiótico.

El tratamiento de soporte, se realizará mediante una ventilación mecánica ajustada a las necesidades del paciente, yendo dirigida a buscar la mejor oxigenación de los tejidos, minimizando las posibilidades de daño secundario.

Respecto al tratamiento antibiótico, lo más importante es no demorar un tratamiento efectivo, ya que el tratamiento empírico inicial tardío o inadecuado conlleva una mayor mortalidad.<sup>133</sup> Como ya hemos señalado, para la neumonía asociada a la ventilación precoz, en el paciente sin factores de riesgo, la mayoría de las pautas antibióticas empíricas presentan una cobertura microbiológica correcta. Sin embargo, si el diagnóstico se realiza en un paciente con más de una semana de ventilación, sometido a tratamiento antibiótico previo, o con otros factores de riesgo para la colonización por gérmenes multirresistentes, deberemos individualizar la pauta.

#### 1.4.2. Técnicas de prevención.

Es obvio que la prevención de las complicaciones infecciosas en los pacientes críticos en ventilación mecánica es importante, por lo que una amplia variedad de medidas de prevención se han ido desarrollando y recomendando bajo un grado importante de evidencia científica.<sup>134 135 136 137 138 139 140 141 142</sup> Por otro lado, se han desarrollado técnicas de prevención que no han demostrado su efectividad o cuyos resultados no han sido concluyentes, por lo que no se valoran como recomendables por las principales sociedades científicas.

Un avance reciente en la prevención de esta patología, deriva en la aplicación de medidas en forma de series o paquetes. Así, Rezar *et al.* demuestran como la implementación de un paquete de medidas, puede asociarse a una disminución del número de episodios de neumonía.<sup>143</sup> Las medidas adoptadas fueron la profilaxis de las úlceras de estrés, la profilaxis de la trombosis venosa profunda, la elevación de la cabecera de la cama y la valoración tanto de la retirada de sedación, como de la posibilidad de ser extubado. En este estudio multicéntrico, las unidades de cuidados intensivos que presentaron una adherencia a las medidas, presentaron una reducción media del número de neumonías asociadas a la ventilación del 44,5%.

Se han elaborado diferentes guías para la prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, y las discrepancias en las recomendaciones suelen originarse en función de los estudios elegidos para su elaboración y del desacuerdo en la interpretación de los resultados.<sup>144</sup>

No obstante, los beneficios de implantar un programa de prevención de neumonía asociada a la ventilación mecánica están demostrados en términos de mejoría de los resultados clínicos y menor coste.<sup>145 146 147 148</sup> Para un correcto desarrollo se requiere la presencia de un equipo formado, dedicado y entrenado.

A través de las Sociedades Españolas de Medicina Intensiva, y con el apoyo del Ministerio de Sanidad, se está desarrollando el proyecto “Neumonía Zero” desde 2008. Es una propuesta de aplicación de una intervención multimodal simultánea en las unidades de cuidados intensivos de nuestro país, que consiste en la instauración de un paquete de medidas preventivas, con el objetivo de reducir la tasa media estatal de densidad de incidencia de neumonía asociada a la ventilación, a menos de 9 episodios por 1.000 días de ventilación mecánica, que representaría una reducción del 40% respecto a la tasa media de los años 2000-2008.

A continuación (tabla 4), se muestra la clasificación y enumeración de las medidas de prevención consideradas como de obligado cumplimiento o altamente recomendables.

## **FUNCIONALES**

- Posición semiincorporada.
- Higiene de manos con soluciones alcohólicas.
- Educación y entrenamiento en la aspiración de secreciones bronquiales.
- Planteamiento diario de retirada de sedación.
- Destete de la ventilación mecánica mediante protocolos.
- Traqueostomía temprana.
- Ventilación mecánica no invasiva.
- Vigilancia microbiológica de contaminación-infección respiratoria.
- Presión positiva al final de la espiración (PEEP) de 5-8cmH<sub>2</sub>O versus 0 cmH<sub>2</sub>O, en pacientes sin lesión pulmonar.
- Evitar volúmenes residuales de nutrición enteral.

## **MECÁNICAS**

- Monitorización y control de la presión del neumotaponamiento.
- Tubo endotraqueal con neumotaponamiento de alto volumen y baja presión.
- Drenaje de las secreciones subglóticas.
- Evitar intubación nasotraqueal y tubos endotraqueales de excesivo calibre.
- Adecuado manejo de filtros y tubuladuras.

## **FARMACOLÓGICAS**

- Cortos periodos de antibioticoterapia.
- Evitar alto recambio antibiótico.
- Higiene oral con clorhexidina.
- Profilaxis antibiótica en intubados por bajo nivel de consciencia.

Tabla 4.- Medidas de prevención de la neumonía asociada a la ventilación.

Evitar o reducir la necesidad de intubación endotraqueal puede ser la mejor estrategia de prevención para esta infección nosocomial, como se sugiere en algunas investigaciones.<sup>149 150</sup>

Así mismo, se recomienda la utilización de protocolos de retirada de fármacos sedantes y relajantes musculares para conseguir la extubación lo antes posible. A mayor duración de la ventilación mecánica, existe un mayor riesgo de desarrollar una neumonía.

El resto de medidas de prevención, se basarán principalmente en reducir la colonización orofaríngea, el volumen de inóculo de secreciones orofaríngeas que alcanzan el tracto respiratorio inferior, o ambas.<sup>151</sup> El lavado de la cavidad oral con clorhexidina y la descontaminación digestiva intestinal, se enfocan hacia la reducción de la colonización orofaríngea.<sup>152</sup> La mayoría del resto de prácticas preventivas se enfocan hacia la reducción del inóculo.

Se recomienda la intubación orotraqueal sobre la nasotraqueal, salvo que existan contraindicaciones. La intubación nasotraqueal se ha asociado con mayor riesgo de sinusitis, siendo ésta un factor de riesgo para el desarrollo de neumonía.

No se recomienda la utilización rutinaria de los filtros respiratorios porque no disminuyen la incidencia de neumonía; aunque sería recomendable utilizarlos en pacientes sometidos a ventilación mecánica, con sospecha o confirmación de infecciones pulmonares que se transmiten por gotas, para así evitar la contaminación del aire ambiental y prevenir la infección de los trabajadores sanitarios y acompañantes.

Tampoco se debe practicar el recambio frecuente de las tubuladuras porque, además de no ser una medida que disminuya el riesgo de neumonía, puede incluso favorecerla.

No se han encontrado diferencias en la incidencia de neumonía con el uso de un intercambiador de calor y humedad, al compararlo con un humidificador de cascada, y el coste es mayor con el segundo sistema.<sup>153</sup> No obstante, es recomendable la utilización del humidificador de cascada en pacientes que tengan secreciones espesas o atelectasias porque puede aportar una mayor humidificación. A tener en cuenta, por otro lado, que cuando se utilice un humidificador de cascada, hay que asegurar un adecuado drenaje del condensado que se pueda acumular en las tubuladuras.

No se ha evidenciado diferencia en la incidencia de neumonía al analizar los sistemas de aspiración abierta versus los de aspiración cerrada, y estos últimos resultan más costosos.<sup>154</sup>

Las camas cinéticas tienen la particularidad de ofrecer un sistema de rotación continua lateralizada, como tratamiento postural. En un metaanálisis se concluye que disminuyen la incidencia de neumonía, sin embargo, no reducen la tasa de mortalidad, duración de la ventilación mecánica, estancia en la unidad de cuidados intensivos u hospitalaria.<sup>155</sup> Además, la mayoría de los pacientes que estuvieron en camas cinéticas presentaron complicaciones, como la intolerancia a la continua vibración, extubación accidental, retirada accidental de catéteres vasculares, parada cardíaca, arritmias, problemas con las tracciones o incremento de la presión intracraneal. Por lo tanto, no se puede apoyar la utilización rutinaria de estas camas.

Se recomienda que los pacientes permanezcan en posición semiincorporada, porque se ha objetivado una menor aspiración de secreciones hacia el interior de las vías aéreas y una menor incidencia de neumonía respecto a la posición en decúbito supino.

No se han encontrado diferencias significativas en la incidencia de neumonía con la utilización de una sonda postpilórica para la nutrición enteral.<sup>156</sup> Por lo tanto, no parece recomendable el uso rutinario de esta sonda.

Varios metaanálisis llegan a la conclusión de que la descontaminación digestiva selectiva disminuye la incidencia de neumonía y de su mortalidad. Sin embargo, su aplicación no se ha generalizado debido a diferentes motivos, tales como la posible aparición de resistencias antimicrobianas, que su apropiada aplicación es compleja dado que requiere una monitorización microbiológica, y que se cuestiona su relación coste/beneficio.

Otros estudios demuestran que la utilización de la descontaminación oral con clorhexidina disminuye la incidencia de neumonía.<sup>157</sup> Por lo tanto, parece razonable su utilización durante la higiene oral periódica que se realiza a los pacientes críticos.

Por otro lado, la administración profiláctica de antibióticos por vía respiratoria no disminuye la incidencia de neumonía, añadiéndose por otro lado, el riesgo de aumento de las resistencias microbianas.<sup>158</sup> Por tanto, no se recomienda su utilización. No obstante, el uso de una dosis de antibiótico sistémico como prevención de la neumonía asociada a la ventilación en pacientes en coma, sí que se ha asociado con una reducción del número de neumonías.<sup>105 113</sup>

En varias ocasiones se ha comunicado la transmisión de infección cruzada a través del personal sanitario. Es el mecanismo de transmisión habitual en el caso de

gérmenes como *Staphylococcus aureus* o *Acinetobacter baumannii* . Por ello, se deberían tomar medidas de barrera adecuadas entre los pacientes de una misma unidad de cuidados intensivos, asegurar una correcta desinfección de los equipos y dispositivos respiratorios reutilizables entre pacientes, e insistir en el lavado de manos.

La traqueostomía como técnica de prevención de la neumonía, ha sido ampliamente estudiado. Rumbak *et al.*<sup>159</sup> concluyeron que en pacientes con expectativa de tiempo de ventilación mecánica superior a 14 días se apreciaba una reducción en mortalidad, estancia en la unidad de cuidados intensivos, tiempo de ventilación mecánica y frecuencia acumulada de neumonía. Sin embargo, son resultados controvertidos dado que no han sido corroborados por otros grupos de investigadores. Los episodios de neumonía asociada a la ventilación posteriores a la realización de la traqueostomía suelen ser originados por *Pseudomonas aeruginosa*.

160 161 162 163

Como ya se ha señalado anteriormente, una baja presión del neumotaponamiento, que permita un mayor paso de secreciones, se puede asociar al desarrollo de neumonía. Por otro lado, una presión mayor, comprometería la circulación en la mucosa respiratoria pudiendo lesionarla. Por todo ello, se recomienda que la presión del neumotaponamiento se mantenga en cifras entre 20 y 30 cmH<sub>2</sub>O.<sup>27 129</sup>

En los últimos años, se ha desarrollado una nueva técnica para la disminución de la incidencia de neumonía asociada a la ventilación, que consiste en la utilización de un tubo endotraqueal con una luz adicional para la aspiración de las

secreciones subglóticas. Este último método de prevención y en concreto, la valoración de sus complicaciones es el objetivo de investigación de esta tesis.

## **1.5. Aspiración de secreciones subglóticas.**

### 1.5.1. Características del mecanismo.

Los humanos generamos aproximadamente un litro de saliva o secreciones en la orofaringe, que deglutimos de manera intermitente y, en muchas ocasiones, inconsciente. Gran parte del tiempo que el paciente crítico permanece intubado y en ventilación mecánica, se encuentra en un bajo nivel de consciencia, ya sea por la propia situación de gravedad, fármacos sedantes o patología neurológica. Las secreciones procedentes de la orofaringe, que se pueden sumar a las de la vía digestiva por regurgitación o vómito, se convierten en un caldo de cultivo para los microorganismos que, al no poder ser deglutidos o expulsados por la boca, por el efecto de la gravedad y favorecido por la presencia del tubo orotraqueal, se deslizan hasta la vía aérea y se acumulan en el espacio subglótico, por encima del neumotaponamiento. Posteriormente, a través de un mecanismo de microaspiración mediante paso a través del espacio existente entre la pared de la tráquea y el balón del neumotaponamiento, las secreciones alcanzan las vías respiratorias inferiores y pueden originar un proceso infeccioso.

Para reducir las microaspiraciones al tracto respiratorio en los pacientes intubados y con el fin de disminuir la incidencia de neumonía asociada a la

ventilación mecánica se ha utilizado desde hace más de 20 años un tubo endotraqueal que a diferencia del convencional, incluye un canal dorsal adicional, que permite la aspiración de manera continua o intermitente de las secreciones situadas en el espacio subglótico.

El espacio subglótico en pacientes intubados se define: a nivel anterior, por la pared del tubo endotraqueal, a nivel posterior, por el esqueleto traqueal, a nivel superior, por la glotis y a nivel inferior, por el neumotaponamiento. El volumen del espacio subglótico, teniendo en cuenta que, en parte está ocupado por el propio tubo endotraqueal, ha sido estimado en aproximadamente  $10,5 \pm 5$  ml.

Este accesorio para la aspiración subglótica, consiste en añadir una luz que acaba en un orificio elíptico (eje mayor de 6 mm y menor de 3 mm), que queda situado a nivel posterior y por encima del neumotaponamiento (Figura 1). Actúa a modo de línea de aspiración transparente y acaba en una pieza con tapón, que facilita la conexión a los dispositivos de aspiración. Cuando el conector de aspiración no esté unido a la fuente de aspiración, se dispone de un pequeño tapón para evitar la salida de secreciones o la entrada de cualquier materia en el espacio subglótico.

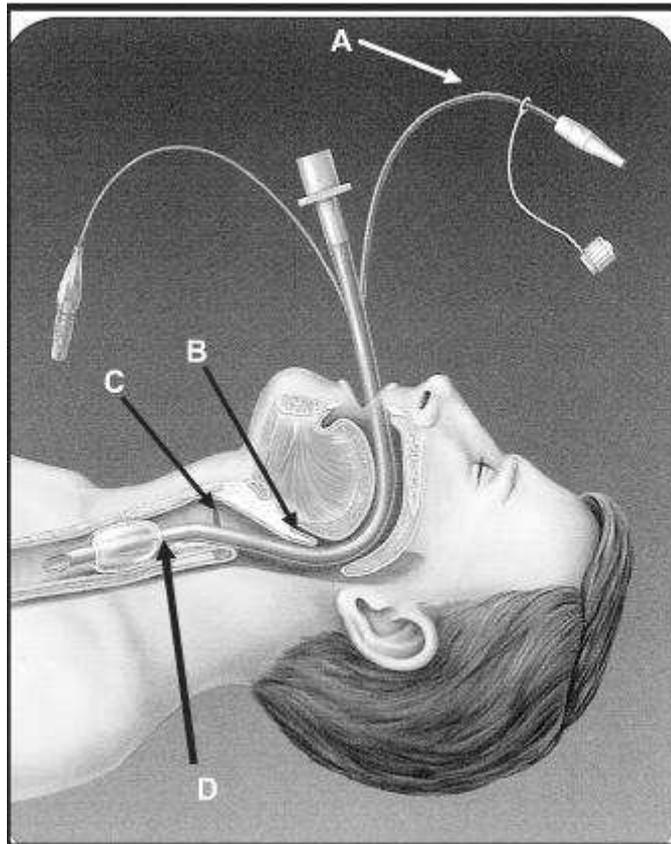


Figura 1. Tubo endotraqueal con dispositivo de aspiración de secreciones subglóticas en un paciente.

*A: Línea de aspiración de las secreciones subglóticas.*

*B: Epiglotis.*

*C: Cuerda vocal (glotis: espacio comprendido entre las dos cuerdas).*

*D: Espacio subglótico.*

Es fundamental que se utilice con las presiones correctas y la técnica adecuada, asegurando la comprobación regular del sistema para verificar su correcto funcionamiento. De lo contrario, puede pasar inadvertida una disminución de su eficacia, o realizarse aspiraciones a presiones mayores, que podrían generar lesiones en la mucosa traqueal.

El hecho de eliminar las secreciones que caen alrededor del neumotaponamiento a través de esta técnica, también permitirá disminuir la necesidad de aspiración a través del propio tubo endotraqueal, considerando esta manipulación, por un lado, altamente molesta para los pacientes y por otro lado, un riesgo, tanto de desarrollo de neumonía asociada a la ventilación, como de lesiones traqueales.

En los diferentes trabajos publicados, se han utilizado diferentes métodos de aspiración de las secreciones subglóticas: continua o intermitente en sus diferentes modalidades. Ambos métodos han sido ampliamente estudiados y se han demostrado como eficaces en la prevención de la neumonía asociada a la ventilación. La aspiración continua, tiene como ventaja, la menor necesidad de tiempo de dedicación por parte del equipo sanitario asistencial.

Las secreciones se aspiran a través de una alargadera que se conecta por un extremo al canal accesorio del tubo endotraqueal y por el otro, a la bomba de aspiración de pared. Desde allí se canalizan hasta un recipiente que hace la función de depósito.

En la técnica continua, se recomienda aspirar las secreciones con una presión mínima que elimine eficazmente las secreciones, pero no superior a -20 mmHg, para evitar que se generen lesiones en la pared traqueal.

Dentro de los métodos de aspiración intermitente, se han ido desarrollando diferentes sistemas.

La aspiración intermitente tradicional es similar a la continua, pero utilizando mayores presiones, que no deben exceder los -150 mmHg según las recomendaciones de diferentes guías. Se aplica con pausas cortas, de menos de 30 segundos. Hay que ser cauto con los niveles de presión, puesto que en ocasiones, puede ser difícil regularlas de manera precisa, pudiendo exceder la presión negativa de seguridad.

El método de drenaje intermitente manual utiliza una jeringa para eliminar las secreciones. La presión ejercida mediante una jeringa puede ser mucho mayor que las recomendadas como de seguridad y además, considerando que se recomienda la aspiración horaria, puede suponer una importante carga de trabajo para el personal asistencial.

Se ha desarrollado un dispositivo de drenaje intermitente automático, que permite la programación de los tiempos de aspiración y pausa, disminuyendo así las cargas de trabajo y que consigue aspiración de mayor volumen de secreciones en comparación con el resto de sistemas.

Si se apreciara resistencia a la aspiración, se debería purgar la línea de succión con aire o solución salina.

Como norma general, la cantidad de secreciones aspiradas, aunque es variable, pueden alcanzar los 100 - 150 ml cada 24 horas y son conducidas hasta un depósito.

Hay estudios que muestran que los sistemas de aspiración utilizados en los hospitales acaban siendo colonizados por microorganismos, observándose

diseminación tanto de manera anterógrada, como retrógrada por gérmenes nosocomiales. En un modelo de simulación, se demuestra que los gérmenes alcanzan el depósito colector en treinta minutos y de nuevo alcanzan el estómago del paciente en las primeras 24 horas.<sup>164</sup> Muchos protocolos de succión recomiendan el recambio del depósito cada 24 horas, aunque no hay literatura que apoye o se disponga en contra de este recambio del equipo.

#### 1.5.2. Efectividad de la técnica y complicaciones: revisión bibliográfica.

Como ya se ha descrito, en la patogénesis de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, la relación entre la colonización orofaríngea y de los espacios tráqueo-bronquiales está bien establecida. En los pacientes intubados, las secreciones fácilmente pueden caer al espacio subglótico y acumularse por encima del neumotaponamiento. Estas secreciones pueden estar contaminadas y, a pesar de mantener el tubo endotraqueal normoposicionado y con el neumotaponamiento correctamente hinchado, pueden descender alrededor del mismo, alcanzando las vías aéreas inferiores, contribuyendo así a la generación de una infección respiratoria.

Una estrategia de prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica es eliminar mediante aspiración estas secreciones, utilizando para ello un tubo endotraqueal, que incluye en su pared dorsal, un canal específico que acaba en el espacio por encima del neumotaponamiento, y que se conecta por el otro extremo

a un sistema de evacuación por presión negativa ya sea de manera continua o intermitente.

A continuación, se detalla la revisión bibliográfica publicada en relación a la efectividad de la técnica y sus complicaciones:

- Torres *et al.*<sup>165</sup>, en 1992, diluyendo contraste radioactivo en el contenido gástrico, midió su aparición en las secreciones endobronquiales, demostrando que la posición del cabezal semi-incorporado a 45 grados evita la aspiración del mismo. Observó además la aparición más tardía que en la posición de supino. Concluye que esta posición es una medida simple de prevención de la aspiración de contenido gástrico hacia la vía aérea y sugiere la posibilidad de prevenir la broncoaspiración de las secreciones subglóticas mediante cambios en la posición corporal.
- Mahul *et al.*<sup>166</sup> en 1992, randomiza 145 pacientes intubados durante más de tres días en dos grupos, uno a los que se les aspira las secreciones subglóticas de manera intermitente horaria mediante jeringa y el otro grupo al que no se le practica esta actuación. El grupo de pacientes a los que se les practicaba la aspiración de secreciones presentaba menor incidencia de neumonía, la desarrollaban más tarde y presentaban un menor grado de colonización traqueal y del espacio subglótico. Como crítica, se ha sugerido que cuando se excluyen del análisis a los no colonizados, las diferencias en cuanto a desarrollo de neumonía asociada a la ventilación, no eran significativas.

- Vallés *et al.*<sup>167</sup> en 1995, realiza un estudio en 190 pacientes intubados en una unidad de cuidados intensivos médico-quirúrgica, con previsión de intubación al ingreso mayor de tres días, que distribuye en dos grupos, para valorar la eficacia de la aspiración continua de secreciones subglóticas. Se halló que la utilización de este método reducía la incidencia global de neumonía asociada a la ventilación mecánica en un 43,4%, siendo más importante la reducción en las neumonías primarias endógenas, es decir, las precoces causadas por la flora presente en la cavidad oral en el momento de la intubación. Después de la primera semana de ventilación mecánica, no se halló diferencias de incidencia de neumonía entre los pacientes. Por otro lado, las neumonías por *Pseudomonas aeruginosa*, después de la primera semana de ventilación mecánica, se desarrollaban unos cinco días más tarde, en los que se les aplicaba la aspiración de secreciones. Se sugiere que estos hallazgos pueden ser debidos a que el inóculo mínimo necesario para desarrollar neumonía por cocos Gram positivos es mayor que el inóculo necesario en las causadas por enterobacterias o pseudomonas.<sup>168 169</sup> También observaron que el volumen de las secreciones aspiradas en los pacientes que desarrollaron neumonía era inferior a los que no la desarrollaban; este hallazgo se interpreta en relación a la efectividad del método de aspiración. Apuntan que el 87,5% de los microorganismos que causan infección fueron previamente aislados en los cultivos de las secreciones subglóticas, no siendo así en el caso de *Pseudomonas aeruginosa*, lo cual se podría explicar considerando que estos microorganismos tienen la capacidad de colonizar el tracto respiratorio inferior independientemente de la colonización de vía aérea superior, tal y como se había documentado previamente;<sup>170 171</sup> pueden alcanzar el pulmón o bien a través del tubo endotraqueal, transmitidas por las manos del equipo asistencial o

desde los equipos respiratorios, no siendo, por tanto este método de prevención a estudio, tan efectivo para estos gérmenes. No se hallaron diferencias en los días de ventilación mecánica ni en mortalidad absoluta, y sólo un 9% de los pacientes murieron como consecuencia de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, siendo estas muertes más numerosas en el grupo control.

- Kollef *et al.*<sup>172</sup> en 1999 realizó un estudio en pacientes postoperados de cirugía cardiaca, utilizando el mismo tubo endotraqueal. Los pacientes a los que se les aplicó la aspiración de secreciones subglóticas con técnica continua, desarrollaron menor número de neumonías asociadas a la ventilación, pero sin significación estadística. No obstante, se observó que la desarrollaban con casi tres días de retraso respecto al grupo al que no se les aplicó la técnica. Se critica el hecho de ser un estudio unicéntrico realizado en una población muy seleccionada, por lo que los resultados serían poco extrapolables a otros entornos. Además, se señala que el diagnóstico que se hace de neumonía es clínico, sin que se utilicen métodos cuantitativos microbiológicos de muestra respiratoria de vía aérea inferior, aunque es cierto, por otro lado, que hay publicados trabajos en los que se considera aceptable el diagnóstico puramente clínico. Por otro lado, debido al escaso número de pacientes que desarrollaban neumonía, se pudieron inducir errores en el análisis estadístico y no se hallaron datos sobre la colonización traqueal previa. Se analizó comparativamente además la duración de la ventilación mecánica, el desarrollo de atelectasias, estancias, mortalidad hospitalaria y número de fallos orgánicos, sin hallar diferencias entre los dos grupos. La distribución de microorganismos, fue similar a la descrita por Vallés *et al.*<sup>167</sup>, con escasos casos de neumonía por

*Staphylococcus aureus* o *Haemophilus influenzae*. No se detectaron efectos adversos atribuibles al mecanismo de aspiración.

- Bo *et al.*<sup>173</sup> en 2000 (artículo en Chino) publica un estudio en el que se incluyen 68 pacientes de una unidad de cuidados intensivos quirúrgica con previsión al ingreso de precisar ventilación mecánica más de 72 horas, y valora la eficacia de la aspiración continua de secreciones subglóticas en la prevención de neumonía asociada a la ventilación, hallando que únicamente previene las precoces causadas por cocos Gram positivos o *Haemophilus influenzae*.
- Smulders *et al.*<sup>174</sup> en 2002, realiza un nuevo estudio con 150 pacientes en una unidad de cuidados intensivos médico-quirúrgica distribuyéndoles en dos grupos, uno al que se le realizaba aspiración intermitente mediante el mismo tubo endotraqueal que en los estudios previos, y otro grupo al que se le ventilaba mecánicamente mediante un tubo convencional, sin canal de aspiración. Aunque no especifican bibliografía al respecto, describen que se decantan por la aspiración intermitente, porque a presiones de aspiración continua de menos de -100 mmHg, se podría dañar la pared traqueal. Utilizan la aspiración intermitente a -100 mmHg durante 8 segundos a intervalos de 20 segundos, lo que equivale a 3085 aspiraciones diarias. Concluyen que los que recibían aspiración, desarrollaron menos neumonías (59% de reducción de la incidencia), no evidenciando diferencias en la duración de la ventilación mecánica, la estancia en la unidad de cuidados intensivos, estancia hospitalaria o mortalidad. De manera similar a estudios previos, se describe que el aislamiento de gérmenes en el espacio subglótico precedía a la neumonía. La

críticas se basan de nuevo en el diagnóstico de neumonía que era también fundamentalmente clínico, en el pequeño tamaño muestral, en la falta de mención a la colonización traqueal inicial, en que en lugar de la posición semi-incorporada, aplicaban el cambio postural en decúbito lateral izquierdo y derecho alternos cada cuatro horas y además, en que no se medían las presiones del neumotaponamiento, y se hinchaba hasta dejar de escuchar la fuga.

- Girou *et al.*<sup>175</sup> en 2004 evalúa el impacto de la aspiración de secreciones subglóticas y posición semiincorporada en la colonización de la vía aérea inferior a través de una muestra de 18 pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos con patología médica, en los que se hay una previsión de necesidad de ventilación mecánica de más de cinco días. Se distribuyen en dos grupos, uno al que se le aplican las medidas de posición semiincorporada y aspiración continua de secreciones y otro, al que se le realiza cuidado convencional en supino. Se les realizaba seguimiento evolutivo y cuantitativo microbiológico desde la intubación hasta el décimo día, extubación o fallecimiento, tanto de las secreciones orofaríngeas, como de las traqueales, no hallando diferencias entre los dos grupos. Se observó que el 80% de pacientes estaban colonizados el primer día en los dos grupos. A este estudio, se le ha criticado su pequeño tamaño muestral, el ángulo de posición semi-incorporada de sólo 30 grados y el hecho de analizar dos intervenciones simultáneamente. En el estudio se sugiere que la colonización traqueal constituye un factor limitante en la efectividad de estas medidas de prevención; así pues, señalan que probablemente la aspiración de secreciones subglóticas sería más efectiva en los subgrupos sin colonización traqueal previa.

Describen que el 40% de los pacientes que fueron intubados con Hi-Lo Evac<sup>®</sup> con sistema de drenaje en aspiración, a los que se les aplicó una presión de -30 mmHg, desarrollaron clínica de edema laríngeo inmediatamente después de la extubación, lo que obligó a la reintubación.<sup>176 177</sup> Se plantean dudas sobre la seguridad de este método preventivo. A raíz de ello, se cambiaron las recomendaciones, aconsejando no exceder la presión de aspiración de -20 mmHg.

- Berra-Kolobow *et al.*<sup>178</sup> en 2004 realiza un estudio experimental, en ovejas en posición de prono, que se someten a ventilación mecánica durante 72 horas, con el objetivo de evaluar la eficacia y seguridad del sistema de aspiración continua de secreciones subglóticas. Para ello se distribuyen 22 ovejas en tres grupos: Un grupo control C con tubo endotraqueal convencional y cabeza elevada en 30 grados, un segundo grupo, denominado CASS-HU con tubo Hi-Lo Evac Mallinckrodt<sup>®</sup> del mismo calibre que el control, con sistema de aspiración subglótica y a las que se les practica de manera continua una aspiración a presión de  $\leq -20$  mmHg y un tercer grupo, CASS-HD, con las mismas condiciones que el segundo, pero con la diferencia que, además de aplicar esta aspiración, se les mantiene con la cabeza y el tubo en posición horizontal, para promover el drenaje de secreciones de manera espontánea. En los años anteriores, ya se había observado que la posición horizontal del tubo endotraqueal y de la propia tráquea, por un lado prevenía la acumulación de secreciones por encima del neumotaponamiento, y por otro lado, promovía el drenaje espontáneo de las secreciones respiratorias a través del interior del tubo hacia el exterior.<sup>179 180</sup> Se halló que el grupo CASS-HU presentaba colonización de vía aérea inferior con altos niveles, aunque en menor grado que el grupo C, pero el

grupo de ovejas CASS-HD, con la cabeza y posición del tubo horizontal, no estaban colonizadas. Se concluye que el sistema de aspiración no previene la colonización pulmonar. Además, en las autopsias practicadas a los animales, se describe que en todas las ovejas a las que se les practicó aspiración continua subglótica, presentaban una mucosa traqueal dañada macro y microscópicamente en diferentes grados de severidad, coincidiendo con la zona donde se posicionaba el puerto de succión. Las lesiones observadas se describen en forma de eritema, hemorragia, necrosis e incluso exposición cartilaginosa. A pesar de ello, los autores únicamente encontraron restos hemáticos en el catéter de aspiración en un solo caso y fue durante los primeros minutos. Se critica por un lado que el estudio no es ciego, por otro, la presencia anatómica de redcilla rumiante como fuente contaminante de bacterias añadida en estos animales y que los hallazgos en un modelo animal dificultan la extrapolación a la práctica clínica en humanos. Apuntan que la posición horizontal de las ovejas, se podría trasladar en humanos a la posición en prono, aunque hay que tener en cuenta que es una postura que no se podría mantener de manera prolongada, debido a las lesiones que se generan en el paciente por la distribución de zonas de presión, sobretodo a nivel facial. Como alternativa, se sugiere que la posición horizontal traqueal y del tubo, se podría conseguir colocando al paciente en posición semilateral de 45 grados y con la cabeza girada a más de 45 grados para que la cabeza y cuello permanezca en horizontal o por debajo de ésta. Para ello, proponen disponer de una cama que permita alternar estas las posiciones de lateralización derecha e izquierda.

- Dezfulian *et al.*<sup>181</sup> en 2005, mediante un metaanálisis, valora la eficacia del drenaje de las secreciones subglóticas en la prevención de la neumonía asociada a la ventilación. Realizan una revisión de lo publicado en la literatura, incluyendo también los de lengua no inglesa, desde 1966 hasta 2003. Se analizan 110 estudios, seleccionando finalmente cinco de ellos, por ser randomizados, prospectivos, que estudiaran pacientes con previsión de ventilación mecánica mayor de 72 horas y que compararan el drenaje del espacio subglótico frente al cuidado estándar. Se incluyen los trabajos de Mahul, Vallés, Kollef, Smulders y Bo, lo que supone un total de 896 pacientes. El análisis concluye que el drenaje de secreciones subglóticas reduce la incidencia de neumonía en aproximadamente la mitad, apuntando que era mayor la reducción en las precoces y que además, este método preventivo acorta la necesidad de ventilación mecánica en dos días y la estancia en las unidades de cuidados intensivos en tres días. No se hallaron diferencias en cuanto a la estancia hospitalaria ni en cuanto a la mortalidad. La randomización fue mediante pre-asignación con sobre en cuatro estudios y mediante la fecha de nacimiento en uno. Sólo uno de ellos fue ciego. Aunque uno de ellos no especifica la marca del tubo, el resto utilizaron el mismo: Hi-Lo Evac Mallinckrodt®. En tres, las Unidades de Cuidados Intensivos eran médico-quirúrgicas, otro se situaba en una unidad quirúrgica y en otro la unidad únicamente atendía pacientes postoperados de cirugía cardíaca. En tres de ellos, se utiliza la aspiración intermitente (uno mediante jeringa, dos mediante aspiración de pared) y en dos, la aspiración se realiza de manera continua. La utilización de otros métodos de prevención de la neumonía asociada a la ventilación fueron variables entre los estudios: todos ellos utilizaron profilaxis de úlceras de estrés, aunque con diferentes fármacos, sólo en uno se utilizó la posición

semi-incorporada y hubo una variabilidad importante en el uso de antibióticos. La definición de neumonía fue basada en la clínica en tres estudios y en dos fundamentada además en muestras microbiológicas tomadas mediante fibrobroncoscopia. Se realizó de nuevo el análisis excluyendo el estudio de Kollef por ser el que ofrecía la heterogenicidad más importante, sobretudo en cuanto a dos grandes diferencias respecto a los otros: Que sólo incluían pacientes postoperados de cirugía cardíaca y el momento de inclusión, que en su caso, era el momento de la intubación para la cirugía. No se hallaron importantes diferencias en cuanto a los resultados. No queda claro por qué el drenaje subglótico no es tan efectivo en la prevención de las neumonías tardías generadas por *Pseudomonas aeruginosa* y otros bacilos Gram negativos; pero se sugiere de nuevo que pueda deberse a que el mecanismo de colonización es a través de la tráquea y desde allí alcanzar las vías respiratorias inferiores, sin precisar previa colonización orofaríngea-subglótica, siendo la microaspiración menos relevante en la patogenia de estos gérmenes. Los autores comentan que el drenaje de las secreciones subglóticas parece ser menos efectivo en los pacientes que requieren menos de 72 horas de ventilación mecánica, posiblemente porque la acumulación de secreciones y su microaspiración requiere varios días o es más importante a medida que pasan las horas. En relación a esto, opinan que los pacientes que son intubados y ventilados para las cirugías programadas, es poco probable que se beneficien de la aspiración de secreciones, puesto que la mayoría se extuban antes de las primeras 72 horas. En cuanto a la predicción al ingreso de cuándo un paciente recién intubado va a precisar más de 72 horas de ventilación, hay estudios realizados en unidades médico-quirúrgicas, que concluyen que las variables clínicas son bastante precisas para poder hacer una

correcta previsión en un 60-80% de los casos.<sup>182</sup> El drenaje de las secreciones subglóticas se considera rentable en los casos en los que se prevé una intubación prolongada, con un coste adicional del tubo endotraqueal de sólo 14 dólares frente a un ahorro de 4.992 dólares por neumonía evitada o 1.872 dólares de ahorro en cuanto a la disminución de los días de ventilación mecánica por cada paciente. No se describen complicaciones en relación a la técnica en los estudios revisados; se comenta anecdóticamente que en algún caso se describe que se obstruye la luz del conducto de aspiración, lo cual haría disfuncional el sistema, pero sin que por ello se pueda considerar lesivo para el paciente. Como todo metaanálisis tiene la limitación de haber podido omitir estudios relevantes, aunque en este caso parece que este factor ha sido razonablemente minimizado, puesto que incluso contactan con los investigadores de los principales estudios, para revisar en equipo todos los estudios paralelos realizados, incluso los no publicados. Los autores aplican las escalas específicas de calidad para estudios randomizados, siendo calificados en global, como de moderada calidad; la variable que más penaliza en este sentido, es que únicamente uno fue ciego. La mayor heterogenicidad de los estudios fue en la definición de neumonía, la muestra microbiológica y su obtención, considerando que la resolución estadística no es posible y debe asumirse como limitación. Otras diferencias relevantes fueron los diferentes métodos de aspiración y los diferentes tipos de unidades de cuidados intensivos. Señalan que no existen datos que sugieran qué método de drenaje es mejor, siempre que las secreciones sean eliminadas del espacio subglótico de manera efectiva. Finalmente, consideran que aunque se reclutan muestras de pacientes diferentes, fueron internamente randomizadas de manera correcta y bien controladas. Así pues, de manera global se concluye que el

drenaje subglótico es beneficioso en cuanto a la prevención de la neumonía asociada a la ventilación, por lo que se podría generalizar su uso a un amplio grupo de pacientes críticos intubados.

- Harvey *et al.*<sup>183</sup> en 2007, describe dos casos de pacientes politraumatizados con intubación prolongada mediante Hi-Lo Evac Mallinckrodt® (traqueostomizados en los días 22 y 35), que habían recibido aspiración continua de secreciones subglóticas a presión de -20 mmHg y que habían desarrollado fístula traqueo-esofágica. Señalan que por la localización y morfología, las lesiones podrían originarse en la zona donde se localiza el orificio del tubo para la aspiración de secreciones subglóticas. Se reportan imágenes realizadas mediante tomografía computerizada de alta resolución, que demostraban, por una lado la invaginación de la mucosa traqueal hacia el orificio de succión, quedando muy cercano al esófago y la asimetría en el volumen de distribución del neumotaponamiento, que contribuiría al contacto directo de este orificio con la mucosa traqueal. Por otro lado, insisten en el hecho de que al añadir al tubo endotraqueal, el sistema de succión, se le confiere mayor diámetro y rigidez, características que podrían contribuir a generar complicaciones. Sugieren que nuevas modificaciones en el diseño del tubo y el realizar las aspiraciones de manera intermitente, podrían minimizar el daño.
- Dragoumanis *et al.*<sup>184</sup> en 2007, realiza un estudio para hallar las causas de disfunción del sistema de aspiración del tubo endotraqueal Hi-Lo Evac Mallinckrodt®. De los 40 pacientes intubados mediante este dispositivo y a los que se les aplica aspiración continua de secreciones subglóticas a una presión de -15

mmHg, 19 (48%) mostraron disfunción. Se diseña un sistema de detección de disfunción en el que la luz del canal de succión se conecta a la pared, adaptando un regulador de succión y se inyectan 20 ml de agua en la cavidad oral. Se registran durante 60 minutos las presiones a través del regulador de succión, quedando definida como disfunción el registro de presiones negativas inferiores a -20 mmHg durante 15 minutos sin evidencia de aspiración de secreciones-agua. En los casos en los que se detecta disfunción, se hace una evaluación visual mediante fibrobroncoscopio por dos intensivistas experimentados al tiempo. La evaluación endoscópica atribuyó la disfunción, en 17 pacientes (89%), a la obstrucción del puerto de succión subglótica por la mucosa traqueal aspirada, en un caso, a que la luz se ocluyó por las propias secreciones y en otro, no se identificó la causa, debido a mala calidad de imagen. En los casos de disfunción, la disminución de la presión negativa empezó, de media, en el minuto seis. En la discusión, se comenta que los índices de disfunción más bajos hallados por otros investigadores, podrían deberse a la baja sensibilidad en su método de detección. Añaden que la curva que tienen preformada los tubos para facilitar su inserción, incrementa la posibilidad de que la parte posterior donde se localiza el orificio de succión, quede en estrecho contacto con la mucosa traqueal; sugieren que un cambio en el diseño del tubo podría solventar este problema. Considerando además que la disfunción del sistema conlleva un riesgo de lesión traqueal, proponen que la aspiración de secreciones se haga de manera paralela a un sistema de detección de disfunción, debiendo interrumpirla cuando ésta sea detectada.

- Lorente *et al.*<sup>34</sup> en 2007 realiza un estudio unicéntrico en una unidad de cuidados intensivos médico-quirúrgica, randomizando 280 pacientes, que el médico responsable al ingreso valora como con previsión de permanecer intubados más de 24 horas, en dos grupos, uno al que se le intuba mediante un dispositivo que dispone de neumotaponamiento de poliuretano y sistema de aspiración de secreciones subglóticas (SealGuard Evac, Mallinckrodt<sup>®</sup>) y otro grupo con tubo convencional de policloruro de vinilo (Hi-Lo<sup>®</sup>), sin sistema de aspiración. Se recogen muestras de aspirado traqueal durante la intubación y posteriormente, dos veces por semana y en el momento de la extubación. La aspiración fue intermitente en intervalos de una hora, mediante jeringa de 10 ml. Se elige este tipo de aspiración debido a los hallazgos de Girou y Berra que apuntan un potencial lesivo del sistema continuo, aunque esta hipótesis no se haya demostrado mediante estudios sólidos. Por otro lado, se plantea que la intermitente sea menos efectiva que la continúa en la prevención de la caída de secreciones desde el espacio subglótico a la tráquea y por tanto menos efectiva como medida preventiva, aunque esta hipótesis tampoco se haya estudiado. El resto de medidas preventivas aplicadas en los pacientes, fue similar en los dos grupos. El diagnóstico de neumonía fue clínico y mediante muestras cuantitativas de aspirado traqueal, que realizaba un experto ciego para el tubo asignado. Para el resto de investigadores, no pudo ser ciego por la evidente diferencia física de los tubos. El límite de tiempo para definir neumonía temprana versus tardía, fue de cuatro días. Describen que desarrollaban menos neumonías asociadas a la ventilación mecánica los pacientes con neumotaponamiento de poliuretano y aspiración de secreciones (64% de reducción) y además, el tubo convencional se mostró como factor de riesgo para el desarrollo de neumonías tanto

tempranas como tardías. No se hallaron diferencias en el día del diagnóstico de neumonía entre los dos grupos. Como autocrítica importante señalan el no poder discernir la influencia independiente de las dos premisas, neumotaponamiento de poliuretano y aspiración de secreciones subglóticas, en los resultados. No se recogieron las lesiones traqueales.

- Bouza *et al.*<sup>185</sup> en 2008 realiza un estudio prospectivo y randomizado en 714 pacientes intervenidos de Cirugía Cardíaca, distribuyéndoles en dos grupos, uno al que se le aplica aspiración continua de secreciones mediante Hi-Lo Evac Mallinckrodt® y otro, al que no se le realiza esta intervención, ventilados mediante tubo endotraqueal convencional. La aspiración de secreciones subglóticas se hacía mediante un sistema continuo con presión negativa entre 100 y 150 mmHg. Una vez por turno de enfermería, se instilaban 10 ml de agua estéril a través del lumen de aspiración para mantenerlo permeable y, si se detectaba obstrucción, se reestablecía su permeabilidad mediante una embolada de aire. Utilizando este método de mantenimiento, no se observaron obstrucciones. Todos los pacientes recibieron profilaxis de úlcera de estrés mediante pantoprazol y profilaxis antibiótica de la cirugía con cefazolina o vancomicina. El diagnóstico de neumonía fue clínico y mediante muestra microbiológica cuantitativa recogida mediante aspiración endotraqueal o cepillo telescopado. No consideraron como patógenos, a ninguna concentración, los siguientes gérmenes: *Streptococcus* grupo *viridans*, *Staphylococcus* coagulasa negativos, *Neisseria spp*, *Corynebacterium spp* y *Candida spp*. La única diferencia que se detectó entre los dos grupos fue en el consumo de antibióticos, que fue menor en el grupo al que se le aspiraban las

secreciones. En cambio, cuando analizaba el subgrupo de pacientes de más riesgo, es decir, los que permanecían en ventilación mecánica más de 48 horas (85 pacientes), se encontraron además diferencias en cuanto a menor incidencia de neumonía (sobre todo, y coincidiendo con los hallazgos de Vallés *et al*, en las causadas por *Haemophilus influenzae*), menor estancia en la unidad de cuidados intensivos y menor duración de la ventilación mecánica. No se hallaron diferencias en cuanto a la mortalidad y estancia hospitalaria, aunque los autores apuntan a que probablemente se debiera al bajo tamaño muestral. Calculan que el coste extraordinario que supuso los tubos endotraqueales con sistema de aspiración fue de 2.800 euros (coste de tubo convencional 1,5 euros frente a 9 euros del tubo con sistema de aspiración), pero que si se compara con los estimados 21.600 euros que suponían el ahorro en la utilización de antibióticos, resulta una inversión francamente rentable. Tampoco se observaron complicaciones atribuibles al sistema de aspiración. Finalmente, consideran que la aspiración de secreciones subglóticas debería formar parte del paquete de medidas preventivas necesarias para minimizar el desarrollo de neumonías asociadas a la ventilación, al menos, en el postoperatorio de los pacientes de cirugía cardíaca.

- Lacherade *et al.*<sup>186</sup> en 2009, señala que a pesar de que en estudios previos, el sistema de aspiración subglótico queda demostrado como eficaz en la prevención de neumonía asociada a la ventilación mecánica, sobre todo en la temprana, es una técnica que algunas guías deja sólo como una sugerencia, en relación a las lesiones que potencialmente parece que podría generar. Se realiza un estudio randomizado mediante bloques de seis pacientes aleatorizados mediante un ordenador, que

incluye 333 pacientes intubados con sistema de aspiración subglótica y previsión al ingreso de ventilación mecánica de más de 48 horas. Se distribuyen en dos grupos, uno a los que se les realiza aspiración intermitente y otro grupo control a los que no se les aplica esta medida. El sistema de aspiración utilizado era intermitente y manual mediante jeringa de 10 ml, con intención inicial de realizar la aspiración con una frecuencia horaria y consiguiéndose aproximadamente unas 18 veces al día (una cada 90 minutos). El estudio es ciego excepto para el equipo asistencial. La neumonía se basa en la sospecha clínica y análisis de muestras de vía aérea distal cuantitativa. Considerando el umbral en el quinto día de ventilación, para discriminar las neumonías tempranas de las tardías, el estudio demuestra que la aspiración de secreciones con este sistema, disminuye la incidencia de ambas, calculando que en global disminuye un 42% las neumonías asociadas a ventilación. Se observa disminución de la incidencia de neumonía generada tanto por cocos Gram positivos como por *Pseudomonas aeruginosa*. No se detectan diferencias en cuanto a duración de la ventilación mecánica, estancia en la unidad de cuidados intensivos, mortalidad y seguridad. En relación a esta última, la valoración se realizó registrando los episodios tras la extubación tanto de disnea inspiratoria de origen laríngeo, como de estridor inspiratorio y tasa de reintubación. Apareció disnea laríngea en 12 pacientes (8 de 79 pacientes con aspiración intermitente y en 4 de 89 pacientes del grupo control) y la reintubación fue necesaria en seis de ellos (4 en grupo de aspiración y 2 en el control), sin aparentes consecuencias clínicas. Se calcula que, considerando que la mortalidad atribuible a neumonía asociada a la ventilación mecánica es de un 10-30 %, en este estudio hubieran sido necesarios varios miles de pacientes en cada grupo para poder detectar la diferencia. El

volumen de secreciones diario fue de 14 ml (mínimo 0 ml y máximo 197 ml), esta importante variabilidad apuntan que podría deberse al propio volumen de secreciones generado por los pacientes, a la viscosidad de las mismas, a la presión de succión, a las dificultades en mantener la línea de succión permeable o a un neumotaponamiento correctamente hinchado y posicionado que garantice el sellado con la tráquea. Se señala que hasta el momento, no se ha demostrado qué técnica de aspiración, continua versus intermitente, es la más efectiva. Como limitaciones describe que el equipo asistencial no podía ser ciego, pero que de alguna manera, quedaba compensado por la homogeneidad en la utilización del resto de técnicas preventivas en los dos grupos. La sospecha de neumonía fue inferior en el grupo control, por lo que el menor número de neumonías en el grupo de aspiración no se puede atribuir a una diferencia en la actitud para detectarla; además los microbiólogos sí eran ciegos y añaden que los criterios para el diagnóstico de neumonía eran estrictos. Como otra limitación, describe que sólo tres cuartas partes de los pacientes calculados como necesarios para detectar diferencias en incidencia de neumonía asociada a la ventilación, fueron incluidos al final del periodo de tiempo establecido. Sin embargo, aunque en general los resultados positivos de los estudios que incluyen menor número de pacientes de lo esperado, a menudo se atribuyen a un mayor efecto del tratamiento respecto a lo esperado, en este estudio, el riesgo absoluto de reducción de incidencia (11%) es similar a lo esperado, un 10%. Por otro lado, se critica que se tuvieron que excluir hasta un 50% de pacientes que precisaron inicio ventilación mecánica previo al ingreso en la unidad de cuidados intensivos, por ser intubados con un dispositivo diferente a Hi-Lo Evac<sup>®</sup>, por un motivo de falta de disponibilidad. Comentan que aunque no se ha hecho un

estudio económico, en un estudio previo utilizando un enfoque de modelo de decisión, ya se demostró que el dispositivo Hi-Lo Evac<sup>®</sup> con aspiración, aunque tenga un mayor coste que los convencionales, produce un ahorro importante debido a su efecto en la disminución de incidencia de neumonía.<sup>187</sup> Finalmente concluyen que consideran la aspiración intermitente como efectiva, recomendable y segura.

- Muscedere *et al.*<sup>188</sup> en 2011, realiza un metaanálisis con búsqueda en bases de datos, listas referenciales y archivos personales, de trabajos publicados en lengua inglesa y no inglesa, cuya condición principal era que fueran controlados y randomizados, en pacientes adultos críticos, que compararan el uso del tubo endotraqueal con sistema de aspiración respecto al tubo estándar, en relación a la incidencia de neumonías asociadas a la ventilación como objetivo principal. Se seleccionan 13 estudios, que engloban 2.442 pacientes. El principal criterio de inclusión, en 11 de ellos, fue la previsión de duración de la ventilación mecánica en el momento de la intubación, que variaba entre más de 24 horas y más de cinco días, siendo la de más de 72 horas considerada en cinco estudios. En todos ellos el tubo endotraqueal con sistema de aspiración se colocaba en el momento de la intubación. En la definición de neumonía se utilizaban criterios clínicos y radiológicos, y en cuanto a la microbiología, tres de ellos no exigían confirmación microbiológica, seis utilizaron análisis cuantitativo de muestra de vía aérea inferior, dos aspirado traqueal cuantitativo y dos aspirado traqueal no cuantitativo. Doce estudios demuestran que los grupos en los que se les practica aspiración de secreciones subglóticas presentan una disminución de las neumonías en aproximadamente un 50%; calculan que el número de pacientes necesarios para tratar y evitar un episodio de neumonía, es de

once. Cuando se analizan los estudios de mayor calidad metodológica, estos resultados no difieren, sin haber encontrado una importante heterogeneidad. Por otro lado, se concluye que la aspiración subglótica disminuye la estancia en la unidad de cuidados intensivos en 1,5 días, los días de ventilación mecánica en 1,08 días y el tiempo hasta la aparición de neumonía se retrasa en 2,6 días, teniendo en cuenta que para estos resultados sí que se detecta cierta heterogeneidad entre los diferentes estudios. No se hallan diferencias en cuanto a la mortalidad; los autores lo atribuyen probablemente a que la neumonía asociada a la ventilación correctamente tratada, tiene una baja mortalidad. Cinco estudios utilizaban aspiración intermitente, obteniendo una disminución de las neumonías similar a la de la aspiración continua. Tres estudios registraron el número de pacientes que fueron reintubados, con cifras similares en los dos grupos y en dos estudios reportan los episodios de estridor tras la extubación, el de Girou *et al.*<sup>175</sup> registra dos casos en el grupo de aspiración de secreciones de un total de cinco pacientes y ninguno en el grupo control y en el estudio de Lacherade *et al.*,<sup>186</sup> aunque se describen más casos en el grupo al que se le aplica aspiración, no se detectan diferencias significativas. No se detecta un incremento en complicaciones de vía aérea superior en las poblaciones a las que se les aplica la aspiración de secreciones subglóticas, no obstante, opinan que se necesitan estudios sistemáticos que incluyan un seguimiento a largo plazo para valorar de manera más precisa las complicaciones asociadas a la aspiración. En tres estudios miden el volumen de secreciones aspiradas, en dos de ellos describen que los pacientes que desarrollan neumonía se les había aspirado menos volumen de secreciones; se atribuye probablemente a la insuficiente efectividad del sistema de aspiración, a las propiedades de las secreciones o la mala posición del puerto de

succión. Los autores opinan que aunque los tubos endotraqueales con sistema de aspiración no son utilizados de manera generalizada, debería extenderse su uso. Creen que las dos barreras fundamentales que dificultan que se amplie su uso son su elevado coste, aunque ya ha quedado patente su potencial coste-efectividad, y la necesidad de identificar a los pacientes que precisarán ventilación mecánica lo bastante prolongada para estar en riesgo de desarrollar neumonía. Opinan que este tipo de dispositivos deberían estar disponibles en los lugares donde se hallen los pacientes que puedan precisar ser intubados de urgencia y en quirófano, para los pacientes en los que se prevea que puedan precisar una ventilación mecánica prolongada en el postoperatorio. La decisión de qué hacer cuando ingresa un paciente en la unidad de cuidados intensivos con tubo convencional y previsión de intubación prolongada, ya sea mantener el tubo con el resto de medidas preventivas, o cambiar el tubo por otro con sistema de aspiración, no está claro, pues no existen estudios al respecto. El resto de medidas preventivas aplicadas a los pacientes fueron variables entre los estudios. No queda claro cómo interacciona la aspiración de secreciones subglóticas con el resto de medidas, pero parece que la extubación temprana es una medida útil independientemente del tubo utilizado, puesto que disminuye el tiempo en riesgo de desarrollar la neumonía. La posición semiincorporada queda claramente como una medida complementaria y junto con la limpieza oral con clorhexidina, son las tres medidas que podrían considerarse como recomendables, además de la aspiración de secreciones subglóticas, hasta nuevos estudios. Como puntos fuertes del metaanálisis apuntan que se recogen sólo estudios controlados y randomizados y que utilizan métodos de análisis sensibles; como puntos débiles, como todo metaanálisis, que existe variabilidad entre los criterios de

inclusión y exclusión, y las poblaciones son diferentes; no obstante, se detectó una baja heterogenicidad en relación al objetivo principal.

- Juneja *et al.*<sup>189</sup> en 2011, compara la incidencia de neumonía asociada a la ventilación mecánica en 311 pacientes que requieren ser ventilados durante más de 72 horas y que son divididos en cuatro grupos: un primer grupo que es portador de un tubo endotraqueal convencional sin sistema cerrado de aspiración endotraqueal ni sistema de aspiración subglótica, un segundo grupo con sistema de aspiración cerrado pero sin sistema de aspiración subglótica, el tercero sin sistema de aspiración cerrado pero con sistema de aspiración subglótica y un último grupo con un tubo que incorpora ambos sistemas. El estudio concluye que el sistema de aspiración subglótica intermitente previene la neumonía asociada a la ventilación mecánica (37,2% de reducción), pero no modifica la mortalidad ni la duración de la ventilación mecánica, así como tampoco la estancia en la unidad de cuidados intensivos. Se sugiere un estudio de mayor tamaño para poder detectar diferencias en cuanto a mortalidad. Por otro lado, la aspiración cerrada sola o en combinación con la aspiración subglótica, no contribuye a la prevención de la neumonía. Pocos estudios han sugerido el beneficio de la aspiración endotraqueal cerrada como método preventivo eficaz de la ventilación mecánica, descartándose esta ventaja cuando se han desarrollado metaanálisis, por lo que no se recomienda añadir como recomendación a la batería de medidas preventivas de esta patología. No obstante, puede ser un sistema con ventajas en otros aspectos, tales como evitar el desreclutamiento alveolar con la pérdida de presión al final de la aspiración (PEEP) durante las aspiraciones endotraqueales o como sistema de prevención de

propagación de gérmenes respiratorios en las unidades de cuidados intensivos. Se debe tener en cuenta como limitaciones del estudio, sus características por ser unicéntrico en una unidad de ocho camas, retrospectivo, y en relación a la utilización para el diagnóstico de neumonía, la escala de CPIS (Clinical Pulmonary Infection Score).

- Wang *et al.*<sup>190</sup> en 2012, y casi de manera paralela a Muscedere<sup>188</sup>, realiza un metaanálisis en el que se seleccionan, mediante la revisión de literatura publicada en todos los idiomas, 10 estudios randomizados y controlados que comparan la aspiración de secreciones subglóticas, ya sea mediante Hi-Lo Evac Mallinckrodt® u otro dispositivo similar, con un tubo convencional o con un tubo que disponga de sistema de aspiración, pero que no se utilice. Se analizan un total de 2.213 pacientes, y se concluye que la aspiración de secreciones disminuye la incidencia de neumonía global asociada a la ventilación en aproximadamente un 44%. Cuando se analizan las neumonías tempranas, se confirma de nuevo la disminución de la incidencia en el grupo de aspiración subglótica, pero no se detecta diferencias significativas cuando se comparan los grupos para la aparición de neumonías tardías. A tener en cuenta que en el análisis de las tardías sólo se disponían de datos en tres estudios, lo cual genera un tamaño muestral de 591 pacientes. Por otro lado, también se concluye que el sistema de drenaje de secreciones subglóticas disminuye la duración de la ventilación mecánica en 1,5 días y que aumenta el tiempo hasta el desarrollo de la neumonía 3,9 días. Se analizan los subgrupos de aspiración intermitente y continua, observando que ambos métodos disminuyen de manera similar la incidencia de neumonía asociada a la ventilación. No se observaron

diferencias en cuanto a la mortalidad global ni en la estancia tanto en la unidad de cuidados intensivos, como en el hospital. Sólo tres estudios evalúan la seguridad; no se observaron complicaciones relacionadas con la aspiración continua en dos de ellos, los cuales incluían pacientes a los que se les practicaba cirugía cardíaca y en un tercer estudio (el de Lacherade *et al.*<sup>186</sup>) apareció estridor laríngeo en algunos pacientes precisando en algún caso ser reintubados, pero sin diferencias entre los grupos. Cuando se analizan únicamente los pacientes con previsión de ventilación mecánica al ingreso de más de 48 horas, los resultados son similares, excepto para la estancia en la unidad de cuidados intensivos, que fue comparativamente de menos tres días en los grupos de aspiración. La randomización de los pacientes fue correcta en seis estudios, en tres no queda claro por documentación insuficiente y en un estudio, se evalúa como inadecuada. Sólo dos estudios fueron evaluados como de bajo riesgo de sesgo utilizando el método de Cochrane Collaboration; y cuando éstos se analizan de manera aislada al resto, los hallazgos en cuanto a la disminución de incidencia de neumonía asociada a la ventilación, no difieren. Se describen limitaciones en relación al sesgo que se genera por la heterogeneidad poblacional, por el método de aspiración, por la definición de neumonía, sobretodo en relación a la muestra microbiológica y por la aplicación de otras medidas preventivas. Como otra limitación, se plantea que algunos de los estudios incluidos, no especifican si el número de pacientes analizados reflejan el total de pacientes randomizados, por lo que no se pueden extraer datos por intención de tratar. Dado que coincide temporalmente con el estudio de Muscedere<sup>188</sup>, le critica la falta de datos por intención de tratar y que incluye tres estudios que combinan la aspiración

subglótica con otras intervenciones: La posición semi-incorporada, un neumotaponamiento de poliuretano y el uso de procinéticos.

- Frost *et al.*<sup>191</sup> en 2013 de nuevo realiza un metaanálisis que integra la información de los últimos estudios publicados sobre el efecto de la aspiración de secreciones subglóticas en la incidencia de neumonía asociada a la ventilación mecánica. Se seleccionan nueve estudios randomizados, que engloban 2.280 pacientes. Son estudios que comparan el cuidado convencional, con alguna forma de drenaje de secreciones subglóticas. Se incluyen unidades de cuidados intensivos médico-quirúrgicas y de cirugía cardiotorácica. Se utilizan varias definiciones de neumonía asociada a la ventilación, utilizando criterios clínicos en todos y en la mayoría, cultivos microbiológicos de confirmación. En siete estudios, se utiliza para incluir a los pacientes, la previsión de ventilación mecánica durante más de 48-72 horas y en dos de ellos, no se exige este criterio. Los métodos de aspiración utilizados fueron intermitente mediante jeringa y continua. Tras analizar los datos, se estima que el drenaje de secreciones reduce el riesgo de desarrollar neumonía un 48%, precisando tratar 11 pacientes para evitar un episodio. En uno de los estudios incluidos, el de Kollef *et al.*<sup>172</sup>, los pacientes eran postoperados de cirugía cardíaca, sin ser seleccionados por previsión de ventilación y no se detecta reducción de la incidencia de neumonía estadísticamente significativa. En cambio, cuando se analizan sólo los estudios que incluyen pacientes con previsión de ventilación mayor de 48 horas, sólo es necesario tratar a siete pacientes para evitar una neumonía. De todo ello, los autores deducen que el beneficio del sistema de aspiración parece aumentar a medida que aumenta el riesgo de la población, y se

plantea si únicamente debería aplicarse a estos pacientes en los que se estima un mayor riesgo. Así mismo, el sistema de aspiración reduce el tiempo de ventilación mecánica y aumenta el tiempo hasta el desarrollo de neumonía, aunque para estas dos determinaciones, se detecta heterogenicidad entre los estudios. No se observa reducción de la mortalidad. Tampoco se reportan efectos adversos. Debido a la heterogenicidad de las poblaciones, se hace complicada la generalización de los resultados a toda la población de pacientes críticos intubados.

- Damas *et al.*<sup>192</sup> en 2015, contempla que, teniendo en cuenta que, siguiendo las actuales definiciones de neumonía asociada al ventilador, se plantea la posibilidad de confusión con el diagnóstico de otras entidades infecciosas, tales como la traqueobronquitis o simplemente la sepsis, y que aplicando el paquete de medidas preventivas de neumonía a los pacientes ventilados, a pesar de que se ha disminuido la incidencia de estas neumonías, no parece haber habido mejoras en cuanto a la mortalidad, se plantea un cambio en la definición de neumonía asociada a la ventilación, con inclusión de nuevos criterios. En este sentido, se propone la incorporación a la definición de neumonía asociada a la ventilación, de los conceptos de “eventos asociados al ventilador”. Éstos se basan en que la ocupación alveolar por material infeccioso, se asocia a una mayor dificultad para la oxigenación del paciente. Son conceptos que originalmente han sido diseñados y utilizados para realizar análisis de calidad y epidemiología. Son de gran interés porque se relacionan con mayor mortalidad y estancia en las unidades de cuidados intensivos. En concreto, se contemplan dos nuevos conceptos, el “evento asociado al ventilador” (VAC), que se define como, tras un periodo de estabilidad de al

menos dos días, la necesidad de elevación del aporte de oxígeno ( $FiO_2$ ) en al menos un 20% o de incrementar en más de 3  $cmH_2O$  la presión al final de la espiración (PEEP), durante al menos dos días consecutivos, y por otro lado, el concepto de “complicación infecciosa relacionada con el ventilador” (IVAC), que añade a la anterior definición, la presencia de hipotermia o fiebre, leucopenia o leucocitosis, y administración de uno o más nuevos antibióticos en el periodo de dos días antes y hasta dos días después del diagnóstico de neumonía asociada a la ventilación, excluyendo los dos primeros días de ventilación mecánica. Teniendo en cuenta estos planteamientos, se diseña un estudio que analiza el efecto de la aspiración de secreciones subglóticas sobre la incidencia de neumonía asociada a la ventilación, bajo la definición clásica, que incluye revisión por especialistas en enfermedades infecciosas, y su impacto además sobre los eventos asociados al ventilador y el uso de antibióticos. Se incluyen 352 pacientes intubados con dispositivo endotraqueal que incluye el sistema de aspiración subglótica y se randomizan en dos grupos, uno al que se le aplica la aspiración y otro al que no se le aplica. Así como se detectan mayor número de neumonías asociadas a la ventilación en el grupo al que no se les aplicaba la aspiración subglótica y el uso de antibióticos fue también mayor, no hubo diferencias en cuanto a “evento asociado al ventilador”, ni en relación a mortalidad o estancia en la unidad de cuidados intensivos. Los pacientes excluidos del estudio por haber sido intubados con tubo endotraqueal convencional, sin sistema de aspiración, también se analizaron y se observa que se comportan de manera similar al grupo de intubados con dispositivo con sistema de aspiración pero a los que no se les aplicó esta medida de prevención. No se detectaron diferencias de VAC e IVAC entre los grupos. Entre los 78 pacientes a los que se les detectó

VAC, 25 fueron diagnosticados de neumonía asociada a la ventilación y de los 47 pacientes que desarrollaron neumonía, sólo 25 presentaron VAC y 24 IVAC, siendo estas proporciones mayores que en los pacientes que no desarrollaron la neumonía. De los pacientes que presentaron IVAC, dos tercios se diagnosticaron de neumonía asociada a la ventilación mediante los criterios clásicos. Aunque en el grupo de aspiración, se registran menos casos con IVAC, se consideró que el estudio no tenía suficiente potencia para poder detectar la eficacia de la aspiración subglótica como medida preventiva de IVAC. Por otro lado, se confirma que los eventos asociados al ventilador, se asocian a mayor mortalidad, duración de ventilación mecánica y estancia en la unidad de cuidados intensivos. Contemplan que, además de por la neumonía, pueden relacionarse con otras entidades tales como el distrés respiratorio, la insuficiencia cardíaca, el balance positivo acumulado, el tromboembolismo pulmonar, las atelectasias y otros. Se considera que reflejan una disfunción orgánica que es lo que realmente se correlaciona con el incremento de mortalidad. Como limitaciones apuntan que, aunque se incluyen pacientes de cinco unidades de cuidados intensivos, es un estudio unicéntrico debido a que todas las unidades pertenecen al mismo centro hospitalario y que, los eventos asociados al ventilador, se evaluaron de manera retrospectiva.

En resumen, la bibliografía revisada muestra que en los últimos 20 años, un considerable número de estudios han demostrado la eficacia del sistema de aspiración subglótica, como técnica que disminuye la incidencia de neumonía asociada a la ventilación mecánica, siendo la reducción hallada variable, entre el 37 y el 64%, y más evidente en las neumonías asociadas a la ventilación tempranas. Se

ha calculado que el número necesario de pacientes a tratar para evitar un episodio de neumonía asociada a la ventilación, es de aproximadamente 11. No se han evidenciado diferencias de eficacia entre el sistema intermitente y continuo, aunque no hay muchos estudios dirigidos.

Aunque los primeros estudios no detectaban diferencias en cuanto a días de ventilación mecánica o estancia en la unidad de cuidados intensivos, los estudios de mayor tamaño muestral y metaanálisis de los últimos años, sí que han sido capaces de detectar un beneficio también en este sentido. Por otro lado, no se ha podido demostrar una disminución en la mortalidad, probablemente también en relación a un bajo tamaño muestral.

Por otro lado, parece también una técnica eficiente, considerando mucho mayor el ahorro en cuanto a estancia y uso de antibióticos, frente al mayor coste del dispositivo, comparado con el convencional.

Por todo ello, parece un sistema preventivo recomendable, debiéndose plantear sobretodo por su mayor eficacia, en los pacientes en los haya una previsión de ventilación mecánica de más de 72 horas.

En cuanto a la seguridad de la técnica, aunque hay algunos estudios que describen complicaciones en casos aislados, no se han realizado estudios dirigidos. En los estudios de mayor tamaño muestral diseñados para demostrar la eficacia de la técnica, y en los metaanálisis, no parecen haberse detectado complicaciones significativas, considerándose en general un técnica segura.

## **2. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.**

La neumonía nosocomial es la segunda complicación infecciosa a nivel hospitalario y la primera dentro de las unidades de cuidados intensivos. En estas unidades, el 80% de los episodios de neumonía nosocomial se producen en pacientes con vía aérea artificial, conociéndose como neumonía asociada a ventilación mecánica.<sup>193</sup> Se ha documentado que la respiración a través de un dispositivo de vía aérea, aumenta el riesgo de desarrollo de neumonía en más de 20 veces. Esta infección respiratoria, más que propiamente relacionada con la ventilación mecánica, está principalmente originada por la aplicación de esta vía aérea artificial. El principal mecanismo fisiopatogénico se fundamenta en las repetidas microaspiraciones de secreciones colonizadas por microorganismos, procedentes de la orofaringe y que alcanzan el parénquima pulmonar cayendo a través del espacio que existe entre el neumotaponamiento del tubo endotraqueal y la propia pared de la tráquea. Estas microaspiraciones producen una progresiva colonización de las vías respiratorias altas y bajas, produciendo, cuando se alcanza un desequilibrio entre el grado de colonización y los factores locales de defensa pulmonar del paciente, una infección del sistema respiratorio.<sup>167</sup>

La mayoría de estudios coinciden en señalar que el desarrollo de una neumonía asociada a la ventilación mecánica genera un aumento de la estancia hospitalaria e incremento en el coste al sistema sanitario. En pacientes con patología médica, este aumento de la estancia atribuible se estima en 10 días, con un aumento del coste estimado de 16.000 dólares, por episodio.<sup>194</sup> Pero lo que todavía es más importante, es que el desarrollo de esta complicación, conlleva un aumento de mortalidad de los pacientes que la padecen.

Por todo ello, la prevención en el desarrollo de esta patología, debería ser una prioridad, puesto que si la conseguimos evitar, disminuiríamos la morbimortalidad de nuestros pacientes y el coste de su atención.

Múltiples medidas de prevención, tanto farmacológicas como no farmacológicas, ya sea de manera individual, como en forma de paquetes de medidas, han demostrado utilidad en la disminución de la incidencia de neumonía asociada a la ventilación, por lo que se han ido introduciendo en las últimas décadas en las unidades de cuidado del paciente crítico, alcanzando reducciones significativas en la incidencia de esta infección. Entre estas medidas, se recomienda, por haber sido demostrada su utilidad en la reducción del número de episodios de neumonía en diferentes estudios y metaanálisis, la sustitución del tubo endotraqueal convencional por otro que incluye un canal accesorio y específico, que permite la aspiración de las secreciones de la orofaringe que progresivamente se acumulan en el espacio subglótico, por encima del neumotaponamiento. Su objetivo es la reducción de la cantidad de inóculo bacteriano que alcance las vías aéreas inferiores.<sup>195</sup> La aspiración subglótica puede realizarse de manera continua o intermitente, hallándose, mediante ambas modalidades, una reducción de la tasa de neumonía.<sup>167 188</sup>

Por otro lado, además del riesgo de desarrollo de neumonía, la aplicación de una vía aérea artificial, puede conllevar otras complicaciones, sobretudo a nivel laringotraqueal, de manera aguda o crónica.<sup>196</sup> La mayoría de estas lesiones están relacionadas con la presión del neumotaponamiento sobre la pared traqueal y se han descrito desde pequeñas ulceraciones leves de la mucosa, hasta lesiones más graves con necrosis, que pueden incluso degenerar en perforaciones. Más a largo plazo, estos procesos inflamatorios pueden producir granulomas, estenosis o fístulas.

Aunque existen múltiples datos y estudios clínicos que apoyan la efectividad del sistema de aspiración subglótica como método preventivo, no hay estudios dirigidos cuyo objetivo principal sea investigar sus complicaciones.

Sin embargo, hay un estudio experimental y algunos datos clínicos que sugieren que puede causar lesiones traqueales subglóticas en relación al punto de aspiración.

En la unidad de cuidados intensivos del hospital de Sabadell, se utiliza desde hace veinte años este sistema de prevención. Bajo nuestra experiencia, tras la introducción en la unidad de esta medida, no hemos percibido complicaciones clínicas significativas atribuibles a la técnica, por encima de las observadas con la utilización del tubo endotraqueal convencional.

Aunque el riesgo de lesiones en la práctica clínica parece bajo, no hemos encontrado estudios en humanos que hayan evaluado las complicaciones atribuibles a la aspiración de secreciones subglóticas.

Hasta ahora, la fibrobroncoscopia se ha considerado como la técnica “*gold standard*” en la evaluación de las lesiones de vía aérea, incluyendo las atribuibles a la intubación orotraqueal. No obstante, hay estudios que demuestran que la tomografía computerizada multidetector, tiene una sensibilidad del 86-89% y una especificidad del 95-100%, consideradas más que aceptables para el diagnóstico de estas lesiones, teniendo en cuenta además, que es una prueba diagnóstica menos invasiva.<sup>197 198 199 89</sup>

El principal objetivo de nuestro estudio es analizar la incidencia de complicaciones laringotraqueales tanto clínicamente significativas, como morfológicas, en una cohorte de pacientes intubados de manera prolongada mediante un tubo con canal accesorio y a los que se les aplica la técnica de aspiración subglótica continua. La detección morfológica de las lesiones, por otro lado, se pretende realizar de manera mínimamente invasiva, por lo que se

ha escogido la tomografía computerizada multidetector; a tener en cuenta como principal efecto adverso el de la irradiación, pero siendo realizado mediante tecnología de última generación y centrado únicamente en estructuras del cuello, el incremento del riesgo de desarrollar un proceso neoplásico por la técnica, se puede considerar prácticamente nulo.

### 3. **HIPÓTESIS.**

La aspiración continua de secreciones subglóticas a través del tubo endotraqueal no produce lesiones laringotraqueales significativas por encima de los descrito, por lo que se puede considerar una técnica segura.

#### **4. OBJETIVOS.**

1.- Valorar las complicaciones relacionadas con la vía aérea artificial, en pacientes con dispositivo endotraqueal que incluye canal específico para secreciones subglóticas y a los que se les aplica la técnica de aspiración continua.

2.- Describir tras la extubación, la incidencia de manifestaciones clínicas atribuibles a lesiones laringotraqueales en pacientes a los que se les ha aplicado esta técnica.

3.- Comparar la incidencia de estas manifestaciones clínicas con los descrito hasta ahora en la literatura en población general de intubados.

4.- Analizar los factores de riesgo asociados a la aparición de estridor post-extubación en esta población.

5.- Describir la incidencia morfológica de lesiones laringotraqueales en pacientes intubados de manera prolongada, a los que se les ha practicado aspiración continua de secreciones subglóticas, utilizando la tomografía computerizada multidetector, prestando especial interés a las observadas en la región subglótica traqueal.

6.- Evaluar la seguridad del sistema de aspiración continua de secreciones subglóticas.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS.**

### **5.1. Tipo de estudio.**

Estudio no randomizado, epidemiológico, observacional, unicéntrico, prospectivo, de una cohorte de pacientes intubados durante un año.

### **5.2. Marco clínico.**

El hospital de Sabadell es una corporación sanitaria con actividad universitaria, que practica asistencia médica, casi de manera exclusiva, a pacientes de la red pública. Su área de referencia abarca unos 450.000 habitantes, dispone de unas 850 camas y aunque se incluye dentro de los hospitales de segundo nivel de asistencia, ofrece una atención altamente especializada y es centro de referencia de otros hospitales próximos.

La unidad de cuidados intensivos admite a pacientes en estado crítico mayores de 16 años y dispone de 16 camas propiamente de cuidados intensivos y 14 de cuidados intermedios; en estas últimas, no se ubican pacientes en ventilación mecánica invasiva. Su atención es multidisciplinar, asistiendo tanto al paciente crítico con patología médica, incluida la coronaria, como patología quirúrgica. El hospital de Sabadell es centro de referencia del paciente politraumatizado y neurocrítico e incluye actividad quirúrgica de elevada complejidad, tanto de manera programada, como urgente.

### **5.3. Tamaño muestral.**

Anualmente en nuestra unidad se atienden entre 250 y 300 pacientes intubados durante más de 24 horas, por lo que se calculó que, en aproximadamente un año, se podría reclutar una muestra de unos 100 pacientes.

### **5.4. Dispositivo endotraqueal y técnica aplicada.**

Tanto en la unidad de cuidados intensivos, como en otras unidades o servicios dentro del propio hospital, incluida la atención extrahospitalaria que depende de nuestro centro, en los que se considera que se realiza atención a pacientes que potencialmente pueden precisar ser intubados para una ventilación mecánica prolongada, se dispone y como norma general, se emplean, tubos endotraqueales que incluyen un canal accesorio dorsal, para poder aplicar, una vez ingresados en la unidad de cuidados intensivos, la aspiración de secreciones subglóticas.

El modelo de tubo endotraqueal empleado en nuestro centro es TaperGuard<sup>®</sup> Evac. Mallinckrodt. Covidien. Mansfield, MA 02048 USA.

Nuestro hospital se incluye dentro de una corporación sanitaria, con ámbito universitario, que además comprende programas de formación para médicos especialistas en sus diferentes especialidades. Son los médicos en formación los que habitualmente practican la intubación endotraqueal de los pacientes, pero siempre supervisados por un experto especialista.

El control de la presión del neumotaponamiento está protocolizado en nuestra unidad y se lleva a cabo cada 4 horas, debiéndose mantener entre 20 y 30 cmH<sub>2</sub>O. El modelo de dispositivo de control de presión de neumotaponamiento utilizado en la unidad es Hand pressure gauge. Mallinckrodt. Covidien. Mansfield, MA 02048 USA.

Se practica de manera rutinaria a todos los pacientes intubados, la aspiración de secreciones subglóticas de manera continua, mediante un sistema de vacío, aplicando presión negativa a través de un mecanismo de pared. A través del canal incorporado al tubo, que tiene su orificio distal, por encima del neumotaponamiento, y que se procura que quede colocado a nivel posterior del espacio subglótico, se conecta, un nuevo canal que sirve de alargadera hasta el aspirador, que finalmente desemboca en un recipiente que hace de reservorio de las secreciones aspiradas mediante la presión negativa ejercida. La aspiración se hace de manera continua a una presión de -20 mmHg a través de un aspirador, que en nuestra unidad es Ohio<sup>®</sup> Vacuum Regulator, Ohio Medical Push-To-Set. Gurnee, IL, USA, que incluye un preciso sistema de control manual o digital (Figura 2). Se verifica la permeabilidad del canal subglótico cada 8 horas y en caso de que se detecte la falta de permeabilidad, se inyectan 2 ml de aire mediante una jeringa, previa comprobación de la presión del neumotaponamiento. Si se considera que el sistema es disfuncionante o está dañado, se deja sellado.



Figura 2. Aspirador Ohio<sup>®</sup> Vacuum Regulator, Ohio Medical Push-To-Set. Gurnee, IL, USA

### **5.5. Descripción del resto de medidas preventivas aplicadas.**

El resto de técnicas protocolizadas de prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica que se aplican en la unidad son:

- a) Valoración diaria de la retirada de sedación y posibilidad de destete de la ventilación mecánica.
- b) Aplicación de algoritmos consensuados de extubación o desconexión de la ventilación mecánica.
- c) Traqueostomía temprana, considerando como límite de referencia los días 10-15 desde la intubación.
- d) Higiene en el manejo de la vía aérea: mínimas manipulaciones, manejo aséptico con lavado de manos con soluciones alcohólicas y utilización de guantes y sondas estériles.
- e) Control y mantenimiento de la presión del neumotaponamiento cada cuatro horas, por encima de 20 cmH<sub>2</sub>O y por debajo de 30 cmH<sub>2</sub>O.
- f) Higiene bucal con solución de Clorhexidina al 0,12% cada 8 horas.
- g) Evitar el decúbito supino, elevación cabezal a 30-45°.
- h) Colocación de sonda nasogátrica/orogátrica de pequeño calibre. Evitar volúmenes residuales de contenido gástrico.
- i) Evitar los cambios rutinarios de tubuladuras, humidificadores y tubo endotraqueal.
- j) Administración de dosis única de antibiótico (ceftriaxona) en las primeras cuatro horas tras la intubación en pacientes con bajo nivel de consciencia.

- k) Control estricto diario por parte del equipo de infecciosas de la unidad, de los tratamientos antibióticos pautados, para asegurar pautas cortas, pronto desescalamiento y evitar un elevado recambio.

Estas medidas de prevención son aplicadas de manera estricta a todos los pacientes, y su ejecución es revisada mediante diferentes prácticas; algunas están incluidas en un sistema de comprobación diario tipo “*Checklist*”, que se revisa diariamente y de manera simultánea por el médico y enfermera responsables, otras se supervisan y se registran de manera protocolizada por parte del equipo de enfermería, y el resto se comprueban o se comentan durante la visita conjunta diaria por el equipo médico y enfermera, que se efectúa, a pie de cama, tanto por parte del equipo asistencial en horario laboral, durante el periodo de atención continuada.

## **5.6. Sujetos del estudio.**

5.6.1. Criterios de inclusión: De forma consecutiva, se seleccionaron y se incluyeron en el estudio a todos los pacientes que cumplían las siguientes características:

- Edad superior a 18 años.
- Ingresados en la unidad de cuidados intensivos del centro hospitalario universitario de Sabadell desde el 1 Diciembre 2013 hasta el 30 Noviembre de 2014.

- Intubados a través de dispositivo endotraqueal con canal específico de aspiración subglótica y durante un periodo de tiempo superior a 48 horas.
- Firma del consentimiento informado tras ser debidamente informados, ya sea por el propio paciente o un familiar, considerando la imposibilidad de toma de decisiones en muchas ocasiones.

5.6.2. Criterios de exclusión: Se definieron los siguientes determinantes para el rechazo:

- Desconocimiento de las características de la intubación.
- Los intubados mediante dispositivo sin sistema de aspiración.
- Historia previa de traqueostomía o de lesiones traqueales conocidas, incluidas cirugías tráqueo-laríngeas o radioterapia en la zona del cuello.
- Intubados durante más de 48 horas, en los treinta días previos.
- Incluidos en otros estudios.
- Los que tras un periodo de intubación, finalmente precisan traqueostomía, sin intento de extubación convencional, considerando que no será posible hacer una correcta valoración clínica de las lesiones traqueales post-extubación.
- Extubados como procedimiento de retirada de tratamiento de soporte, tras el establecimiento consensuado de limitación del esfuerzo terapéutico.
- Éxitus mientras permanecen intubados.

### **5.7. Análisis de las complicaciones. Técnica de imagen.**

Se procedió a un primer registro de las complicaciones clínicas que presentaban los pacientes tras la extubación. En un segundo tiempo, se seleccionaron los pacientes para completar el estudio morfológico de las lesiones y se les practicó una tomografía a nivel traqueal. Se les realiza, dentro de los primeros cinco días tras la extubación, una tomografía computerizada tipo multidetector, que incluye 128 filas de detectores (Somaton definition AS plus, Erlangen Germany), centrada en la vía aérea, desde las cuerdas vocales hasta 2 cm por debajo de la carina, practicándose cortes de 1 mm, con intervalo de reconstrucción de 0,75 mm. Se practicaron reconstrucciones multiplano y de volúmen para un mejor análisis de las posibles lesiones post-intubación. El instrumento de tomografía utilizado dispone de un sistema informático denominado CARE-dose que calcula automáticamente la mínima dosis de irradiación necesaria para cada paciente y procedimiento. Para los estudios de cuello se aplica un kilovoltaje de unos 100 kV y un miliamperaje de unos 170 mA, siendo la dosis de irradiación administrada de unos 7 mGy. Las reconstrucciones se realizaron multiplano, MPR (*multiplanar reconstructions*), en dos dimensiones, y de volúmen, VRT (*volume rendering technique*) en tres dimensiones, siendo las imágenes resultantes de esta última técnica comparables a lo que se conoce como la fibrobroncoscopia virtual.

Se considera una técnica de imagen de elevada sensibilidad y especificidad en el diagnóstico de lesiones traqueales y precisa para determinar su localización.

El análisis de las lesiones observadas en las imágenes de la tomografía se realizó por cuatro radiólogos de forma ciega y se llegó al consenso en el diagnóstico, en caso de divergencia.

Aunque la dosis de irradiación por tomografía computerizada multidetector se ha considerado muy baja, y el aumento de riesgo para neoplasia se consideró como mínimo, se decidió, de acuerdo con el servicio de radiología, para minimizar aún más este riesgo, excluir para la realización de esta prueba, a los pacientes de menos de 50 años, y por supuesto, a las embarazadas. Además, para aumentar el rendimiento del estudio morfológico mediante tomografía, se seleccionaron a los intubados durante un periodo de tiempo de más de 72 horas.

Los pacientes que, tras ser extubados precisaron la realización de una traqueostomía percutánea o quirúrgica, ya fuera por clínica compatible con lesión traqueo-laríngea u otro motivo, se excluyeron también para la realización de la prueba de imagen. El motivo fundamental fue considerar que estos pacientes podían presentar lesiones traqueales producidas propiamente por la técnica quirúrgica o percutánea de la traqueostomía, pudiendo ser difíciles de diferenciar de las inducidas por el propio tubo endotraqueal o la aspiración de secreciones subglóticas. Además, se consideró que la propia cánula de traqueostomía también podría interferir en la interpretación de las imágenes tomográficas. Por otro lado, en el servicio se utilizan tanto cánulas de traqueostomía con canal de aspiración subglótica como sin este sistema, lo cual hubiera podido incrementar aún más la dificultad en la interpretación de los resultados.

## **5.8. Protocolo del estudio.**

Se redactó un protocolo de investigación que, previo al inicio del estudio, se presentó en sesión al servicio de Medicina Intensiva del hospital, siendo aceptado por el equipo asistencial y de investigación. Se dejó una copia a disposición, para poder ser consultado.

El protocolo comprende una introducción, que resume la justificación del estudio, los objetivos, una resumida exposición del material y métodos, así como una breve descripción de las variables clínicas y radiológicas.

Se aludía, entre otros aspectos, y basados en la evidencia científica, a la necesidad de ajustarse a utilizar un calibre de tubo endotraqueal adecuado para cada paciente, con el objetivo de evitar lesiones causadas por un diámetro de tubo excesivo, sobretodo teniendo en cuenta que los dispositivos que incluyen el canal accesorio para la aspiración, aumentan discretamente el calibre externo. Se consideró adecuado, en base a lo publicado, tomar como referencia 7,5 mm y 8 mm, en mujeres y hombres respectivamente, debiendo como siempre, individualizar en cada caso, durante la práctica clínica.

## 5.9. Aspectos éticos

Teniendo en cuenta que la técnica de aspiración de secreciones subglóticas es una medida ampliamente estudiada y valorada como eficaz en la prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, no se consideró éticamente aceptable plantear un estudio en los que algunos pacientes no recibieran esta medida, para poderlos comparar.

Aunque es cierto que ocasionalmente se reciben pacientes trasladados desde otros centros intubados con dispositivo endotraqueal sin canal de aspiración, ésta es una situación excepcional, no pudiéndose plantear, por el escaso número de pacientes que se generarían, un estudio comparativo. Por otro lado, no hay ningún estudio que apoye el beneficio del recambio de tubo en estos pacientes, para poderles aplicar la técnica. Como alternativa, se diseñó este estudio, de tipo descriptivo de las complicaciones de un grupo de pacientes con aspiración subglótica, comparándolas con lo descrito en la literatura, en población general de intubados.

El estudio fue presentado y aprobado por el Comité Científico de Ética de la Corporación Sanitaria Universitaria Parc Taulí (2013/537).

A todos los pacientes incluidos, o sus familiares más cercanos en caso de incapacidad, se les informó de las características del estudio, del procesamiento de los datos y de los riesgos de la tomografía, y se les solicitó el consentimiento por escrito. El consentimiento informado estaba estructurado en dos partes, una referente a la privacidad de los datos y su utilización con fines únicamente de investigación, y otra relacionada con el posterior estudio de imagen mediante tomografía.

Considerando que en la mayoría de casos, al ingreso en la unidad, por su estado de gravedad, el paciente no conservaba la capacidad de valorar ni consentir la participación

en el estudio, y que fue un allegado el que tomó la decisión en su nombre, tras la primera parte de recogida de datos para el análisis de las complicaciones clínicas, a los pacientes que cumplían criterios para proseguir en el estudio morfológico por tomografía, estando tras ser extubados en su mayoría conscientes y en ese momento, ya en situación de capacidad plena de decisión, de forma verbal, se les solicitó la autorización para permanecer en el estudio y completarlo mediante la prueba de imagen.

El estudio fue no aleatorizado; todos los pacientes fueron tratados siguiendo los protocolos asistenciales de la unidad de cuidados intensivos y los propios del hospital de Sabadell, que han sido redactados de acuerdo con la evidencia científica y las recomendaciones de las principales Sociedades Científicas. Además de la aspiración de secreciones subglóticas, que se practica en la unidad de manera rutinaria a todos los pacientes en ventilación mecánica, se les aplicó, como al resto de pacientes, las demás técnicas protocolizadas de prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica, con elevado grado de evidencia de eficacia.

Se veló por el cumplimiento de los derechos y la seguridad de los pacientes participantes en el estudio, de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki (actualización en Seúl, 2008). La confidencialidad de los datos quedó asegurada y se respetó en todo momento los principios éticos básicos de la investigación, según lo establecido en la legislación vigente (Ley Orgánica 15/1999 de 13 Diciembre, de protección de datos, Ley 41/2002 de autonomía del paciente y Ley 14/1986, general de sanidad: Declaración de Helsinki y Declaración de la UNESCO). Todos los datos clínicos que podían traducir la identidad del paciente se procesaron en la más estricta confidencialidad. No se han realizado cesiones de datos a terceras personas ni se han

empleado los datos obtenidos para fines diferentes que los descritos como objetivos de este estudio.

#### **5.10. Recogida de datos. Variables clínicas.**

Las variables fueron recogidas utilizando métodos estándar, al ingreso en la unidad de cuidados intensivos, durante la intubación y a lo largo de su estancia.

Se diseñó una hoja de datos para la recogida prospectiva de la información (ANEXO). Se incluye, en primer lugar, los datos de filiación, englobados en su etiqueta identificativa hospitalaria que integra el número de historia clínica, los datos demográficos y la fecha de nacimiento. Se recogió además la edad de los sujetos del estudio en años cumplidos y el sexo, como variable dicotómica. Por otro lado, se registró el diagnóstico principal, que aparecía en el documento de nota de ingreso. Se realizó la estimación de gravedad y mortalidad al ingreso mediante la escala APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II) y se anotaron las comorbilidades, siguiendo las siguientes definiciones:

- Diabetes: Definida como necesidad de inyección habitual de insulina o toma de antidiabéticos orales, previamente al ingreso en el hospital.
  
- Enfermedad hepática crónica: Historia de patología hepática con clínica de descompensación previa o en tratamiento farmacológico habitual para su control.

- Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC): Se consideraba cuando se recoge como antecedente una clínica y parámetros en la espirometría forzada compatibles.
  
- Neoplasia: Se incluye tanto la neoplasia maligna sólida, como la hematológica, cuando esten confirmadas con diagnóstico de seguridad y se consideren en situación de enfermedad activa, no resuelta.
  
- Insuficiencia Renal Crónica: Pérdida de la función renal previa al ingreso, en la que se disponga de un cálculo o estimación de filtrado glomerular inferior a 60 mililitros por minuto.
  
- Cardiopatía: Cualquier trastorno o patología que afecte a la capacidad del corazón para su normal funcionamiento.
  
- Inmunosupresión: Estado de disminución o anulación de la respuesta del sistema inmunitario, considerándose cualquier etiología: enfermedad subyacente grave, neoplásica o autoinmune, uso de medicamentos, irradiación, secundario a cirugía (por ejemplo, ablación del bazo) o relacionada con estado de importante desnutrición.
  
- Radioterapia: Tratamiento mediante radiación ionizante en el último año. Se registra la zona irradiada.

- Cirugía: Intervenciones quirúrgicas complejas previas, prestando especial atención a las cirugías de localización en cuello.

Por otro lado, se registraron las fechas tanto de ingreso como de alta de la unidad de cuidados intensivos, y en caso de defunción en la unidad, la fecha en que sucedió.

Además, se incluyó la fecha de la intubación orotraqueal y datos sobre las características del tubo empleado en cada paciente, tales como el diámetro interno en milímetros. Se recogieron datos descriptivos de la intubación, como el número en la calificación gradual de Cormack-Lehane durante la visión laringoscópica,<sup>200 201</sup> el número de intentos que fueron necesarios hasta conseguirlo, si el medio era extrahospitalario y otras consideraciones que se describen a continuación:

- Intubación de urgencia: Necesidad de emplazar un tubo endotraqueal a un paciente, que debido a su estado de gravedad, compromiso vital o por previsión de una de estas situaciones a corto plazo, se considera como imprescindible y con necesidad de proceder rápido, para favorecer una correcta evolución clínica.
- Lugar de intubación: Se registra si la intubación se llevó a cabo dentro del centro hospitalario o fuera, durante la asistencia sanitaria extrahospitalaria.
- Dispositivos auxiliares para la intubación: Necesidad de aplicación de instrumentos de asistencia para la canalización de la vía aérea, tales como la mascarilla laríngea convencional, la mascarilla laríngea para intubación (tipo Fastrach<sup>®</sup>), el introductor para intubación (tipo Frova<sup>®</sup>), la videolaringoscopia o el fibrobroncoscopio.

- Intubación difícil: Se consideró como cualquiera de las siguientes situaciones: una calificación de grado en la escala de Cormack-Lehane igual o superior a III, necesidad de más de dos intentos o de la utilización de los dispositivos auxiliares antes mencionados.

Además se registró si hubo necesidad de recambio del tubo endotraqueal por problemas de calibre, deterioro u obstrucción.

Se incluyó por otro lado, la fecha de retirada del tubo y si ésta fue de manera reglada, siguiendo el algoritmo de destete aprobado y utilizado en la unidad, o si se produjo una extubación accidental/autoextubación.

Se registró además si fue precisa una reintubación y la orientación clínica del motivo del fracaso de la extubación. Se anotó tanto la fecha de la reintubación, como del diámetro del nuevo tubo y finalmente, la fecha de la extubación definitiva. Se incluyó además, si se practicó traqueostomía y si ésta fue realizada mediante técnica percutánea o quirúrgica, y la fecha.

También se anotó la media diaria de las presiones del dispositivo de aspiración continua de secreciones subglóticas.

A su vez, quedaron registradas las variables en relación a la principal sintomatología y semiología sugestiva de complicaciones atribuibles al tubo endotraqueal, dentro de las 72 horas posteriores a la extubación, considerando las siguientes definiciones:

- Estridor: Sonido agudo que se produce durante la inspiración, espiración o de manera bifásica en la respiración del paciente, que se origina en la vía aérea

superior, que puede ser audible espontáneamente o mediante estetoscopio y que se produce al paso de aire turbulento por una zona estrecha u obstruida. Se considera un signo clínico que traduce una situación de obstrucción de vía aérea superior.

- Disfagia: Sensación subjetiva de dificultad o imposibilidad para la deglución. Puede ir acompañada de dolor (odinofagia), expulsión o rechazo del alimento, aumento del tiempo de masticación y/o de la propia deglución, deglución fraccionada, babeo, carraspeo, acumulación de residuos alimentarios en la cavidad oral o atragantamientos.
  
- Disnea: Sensación subjetiva de ahogo o dificultad para respirar. Puede acompañarse de incremento del trabajo respiratorio, cambio de coloración en la piel, sibilancias, tos o dolor al respirar.
  
- Disfonía: Trastorno de la emisión de la voz que consiste en la disminución de su timbre en diferentes grados, que cuando es total, recibe el nombre de afonía. Puede acompañarse de dolor.

Además, se registró también la incidencia global de neumonía asociada a ventilación mecánica durante el periodo de estudio en la unidad, entre todos los pacientes intubados.

El diagnóstico de neumonía asociada a la ventilación mecánica fue fundamentado en la clínica y los resultados microbiológicos compatibles. Los pacientes debían

cumplir la evidencia de infección tanto sistémica con fiebre y/o leucocitosis, como local con el viraje de secreciones a un aspecto purulento, coincidiendo además temporalmente, con la aparición de una nueva opacidad pulmonar en la radiografía de tórax. Se consideró además imprescindible el aislamiento de un germen patógeno en el análisis microbiológico de una muestra respiratoria, ya fuera obtenida mediante fibrobroncoscopio o aspirado traqueal, pero siempre cumpliendo criterios de conteo cuantitativo significativo.

#### **5.11. Variables del diagnóstico morfológico de las complicaciones.**

Se recogieron datos descriptivos de las lesiones halladas en la tomografía computerizada multidetector. Las lesiones postextubación que se pudieron hallar mediante esta técnica de imagen, se clasificaron en función de su localización en aritenoides-glóticas, subglóticas o traqueales y según la profundidad que alcanzaban, se realizó la clasificación en :

- a) Engrosamiento mucoso : Área focal de aumento intraluminal y no circunferencial de las partes blandas.
- b) Engrosamiento del cartílago : Área focal de aumento del grosor del cartílago mayor o igual a 5 mm.
- c) Lesiones ulceradas profundas: Imagen de erosión que alcanza la pared traqueal.

- d) Estenosis traqueales : Reducción circunferencial y simétrica de la luz de la tráquea en comparación con los segmentos superior e inferior adyacentes. Se definió el grado de estenosis como leve si era menor de 1/3 de la luz, moderada si estaba entre 1/3 y 2/3 de la luz y grave si era mayor de 2/3 de la luz.

### **5.12. Análisis estadístico.**

La recogida de datos se realizó mediante una hoja de cálculo tipo “*Excel*” de “*Microsoft Office*”, y los cálculos mediante el paquete estadístico “*Statistical Package for the Social Sciences*” (SPSS) VERSIÓN 19, Chicago IL.

Se efectuó un estudio comparativo entre el grupo de pacientes con lesiones traqueales y el de los que no las presentaban.

Todos los valores de ‘*p*’ fueron bilaterales o de doble cola, considerándose como estadísticamente significativos cuando  $p \leq 0,05$ .

Las variables categóricas o cualitativas se describieron como frecuencias. La distribución de las variables continuas, como media  $\pm$  desviación estándar.

La comparación entre grupos de las variables cuantitativas se realizó mediante las pruebas de *t* de Student o Mann-Whitney y las cualitativas mediante chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) o test de Fisher. A su vez, se desarrolló el análisis multivariante de los factores de riesgo relacionados con la aparición de lesiones traqueales en los pacientes que desarrollaron estridor tras la extubación, como manifestación clínica de obstrucción de vía aérea superior.

## **6. RESULTADOS.**

Durante el periodo de estudio, 386 pacientes fueron ingresados en la unidad de cuidados intensivos y ventilados mecánicamente, de los cuales 216 fueron ventilados menos de 48 horas, por lo que fueron excluidos del estudio (Figura 3).

De los 170 pacientes restantes (ventilados durante más de 48 horas), 50 de ellos fueron excluidos del estudio por diferentes razones:

- 11 pacientes por edad inferior a 18 años.
- 8 pacientes por cirugía laríngea previa.
- 10 pacientes por intubación previa reciente.
- 10 pacientes por intubación mediante tubo endotraqueal que no disponía de canal para la aspiración subglótica.
- 11 pacientes por haber sido incluidos en otros estudios.

Finalmente 120 pacientes fueron incluidos dentro del estudio. De ellos, 34 a su vez se excluyeron por no poder valorar clínicamente la presencia de lesiones tras la extubación:

- 19 pacientes porque fallecieron antes de ser extubados o tras la extubación como procedimiento de retirada del tratamiento de soporte, después del establecimiento de limitación del esfuerzo terapéutico.
- 15 pacientes porque su equipo médico asistencial, valorando su curso clínico, optó por la traqueostomía de manera reglada, en lugar de la extubación.

Finalmente, 86 pacientes fueron incluidos en el estudio para el análisis de las complicaciones clínicas postextubación. Todos los pacientes incluidos habían sido intubados con tubos endotraqueales de material de cloruro de polivinilo, con neumotaponamiento de elevado volumen y baja presión y con canal accesorio de aspiración subglótica.

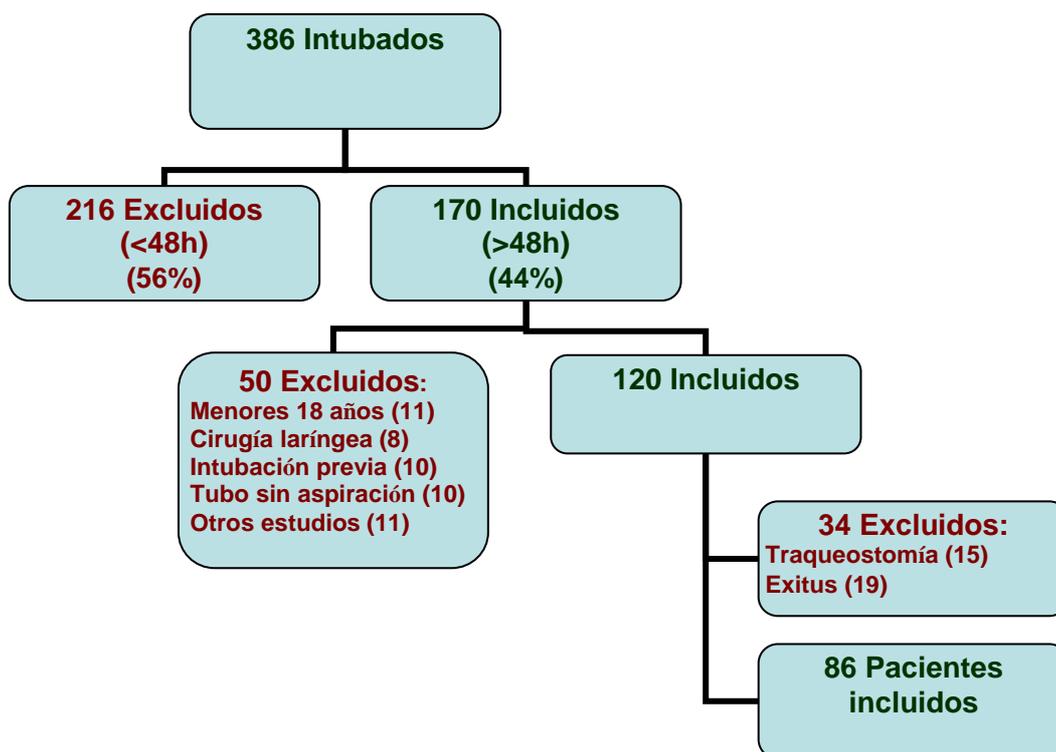


Figura 3.- Diseño del estudio y pacientes incluidos.

Los 86 pacientes incluidos, presentaron al ingreso una puntuación media en el sistema de clasificación de gravedad APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II) de  $18 \pm 2$  puntos, correspondiendo esta puntuación a una mortalidad estimada de aproximadamente el 37%. La media de edad fue de  $61 \pm 14$  años, siendo el 64% de los pacientes de género masculino.

Los principales motivos de ingreso en la unidad de cuidados intensivos y necesidad de ventilación mecánica, fueron la insuficiencia respiratoria aguda (25,5%) y la patología neurocrítica (21%). El resto de características clínicas se muestran en la Tabla 5.

Características	N=86
Edad, años (DE)	61± 14
Género masculino (%)	64
APACHE II, puntuación (DE)	18 ± 2
Motivo de ingreso (%)	
- Insuficiencia respiratoria aguda	25,5
- Patología neurocrítica	21,0
- Sepsis grave o shock séptico	16,3
- Otros tipos de shock	12,7
- Otros*	24,4
Comorbilidades (%)	
- Diabetes mellitus	28.0
- Cardiovascular	24.4
- EPOC	19.7
- Neoplasia	19.7
- Inmunosupresión	15.0
- Enfermedad hepática	9.3
- Insuficiencia renal crónica	5.8

\*Intoxicaciones, politraumatológicos, parada cardiorrespiratoria, sangrado gastrointestinal.

EPOC= Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

DE = Desviación Estándar.

Tabla 5.- Características de los pacientes al ingreso en la unidad de cuidados intensivos.

Las características del proceso de intubación de los pacientes y de su estancia en la unidad, se describen mediante las variables detalladas en la Tabla 6.

<b>Características</b>	<b>N=86</b>
<b>Durante el proceso de intubación</b>	
- Número de intentos de intubación (media ± DE)	1.3 ± 0.6
- Diámetro del tubo endotraqueal (mm) (media ± DE)	7.8 ± 0.3
- Presión aspiración secreciones subglóticas (mmHg) (media ± DE)	19.7 ± 2.5
- Intubación difícil (%)	15
- Intubación urgente (%)	89.5
- Intubación extrahospitalaria (%)	4.6
<b>Durante la estancia en la unidad de cuidados intensivos</b>	
- Duración de la intubación (días) (media ± DE)	6.06 ± 4.8
- Extubación accidental (%)	8.1
- Extubación reglada (%)	91.8
- Reintubación (%)	20.9
- Traqueostomía tras reintubación (%)	12.7
- Complicaciones tras la extubación (%)	
- Disnea	6.9
- Estridor/Obstrucción de vía aérea superior.	8.1
- Disfagia severa > 24h*	0
- Disfonía	18.6
- Estancia en Unidad de Cuidados Intensivos (días) (media ± DE)	16.4 ± 23.3
<b>Mortalidad (%)</b>	<b>8.1</b>

\* Excluidos los pacientes con enfermedad neurológica o traqueostomía tras la extubación, por no poder ser atribuible a una lesión traqueal con seguridad.  
DE = Desviación Estándar.

Tabla 6.- Características de los pacientes durante la intubación y estancia en la unidad de cuidados intensivos.

La clasificación de la dificultad en la intubación de los pacientes siguiendo la escala de Cormack-Lehane, mostró que el 67,4% fueron clasificados como grado I, el 18,6% como grado II, 11,6% grado III, y 2,3% grado IV. El promedio de número de intentos hasta conseguir la intubación fue de  $1,3 \pm 0,6$ .

El 15,1 % de los pacientes fueron clasificados como de difícil intubación y el 89,5% se consideraron intubaciones urgentes.

El promedio de diámetro del tubo endotraqueal empleado fue de  $7,8 \pm 0,3$  mm (7,98 mm en hombres y 7,55 mm en mujeres), siendo muy similar el diámetro de tubo empleado en las reintubaciones,  $7,67 \pm 0,41$  mm.

La mayoría de pacientes fueron intubados dentro del centro hospitalario (95,4%).

El promedio de duración de la intubación fue de  $6,06 \pm 4,8$  días.

La presión media diaria registrada por el sistema digital del dispositivo de aspiración continua de secreciones subglóticas fue de  $19,7 \pm 2,5$  mmHg.

La mortalidad global de los 120 pacientes incluidos inicialmente y ventilados > 48h fue del 21,6%. La mortalidad de los 86 pacientes extubados e incluidos finalmente en el estudio fue del 8,1 %. La incidencia de neumonía asociada a la ventilación de todos los pacientes ventilados de la unidad durante el periodo de estudio (386 pacientes), fue de 4,7 episodios por 1.000 días de ventilación mecánica.

De los 86 pacientes extubados, 7 de ellos (8,1%) sufrieron una extubación accidental, incluida la auto-extubación, y 79 de ellos (91,8%) se extubaron mediante un procedimiento reglado, de acuerdo con el algoritmo consensuado que se sigue en la unidad.

Entre los pacientes con extubación accidental, tres de ellos (42,8%), precisaron reintubación: dos pacientes por acumulación de secreciones (broncoplejia), y otro por

estridor/obstrucción de vía aérea superior (OVAS). Finalmente dos de estos pacientes, precisaron traqueostomía.

Entre los pacientes extubados de manera reglada, quince de ellos (18,9%) requirieron ser reintubados: nueve por acumulación de secreciones (broncoplejia), cinco por obstrucción de vía aérea superior y uno por hipoxemia en relación a la pérdida de presión positiva. Nueve de estos pacientes precisaron finalmente traqueostomía (Figura 4). Hay que precisar, que de los pacientes extubados de manera reglada que precisaron reintubación, el 46,6% eran pacientes con patología neurocrítica.

Entre el global de pacientes analizados que precisaron reintubación, se consideraron como causas de fracaso de la extubación, el acúmulo de secreciones (broncoplejia) en un 61,1 % de los casos y la obstrucción de la vía aérea superior en un 33,3 %.

Del total de pacientes que precisaron reintubación, 6 fallecieron (33,3%), siendo la mortalidad mayor que en los pacientes que no la precisaron (1.5%) ( $p < 0,001$ ).

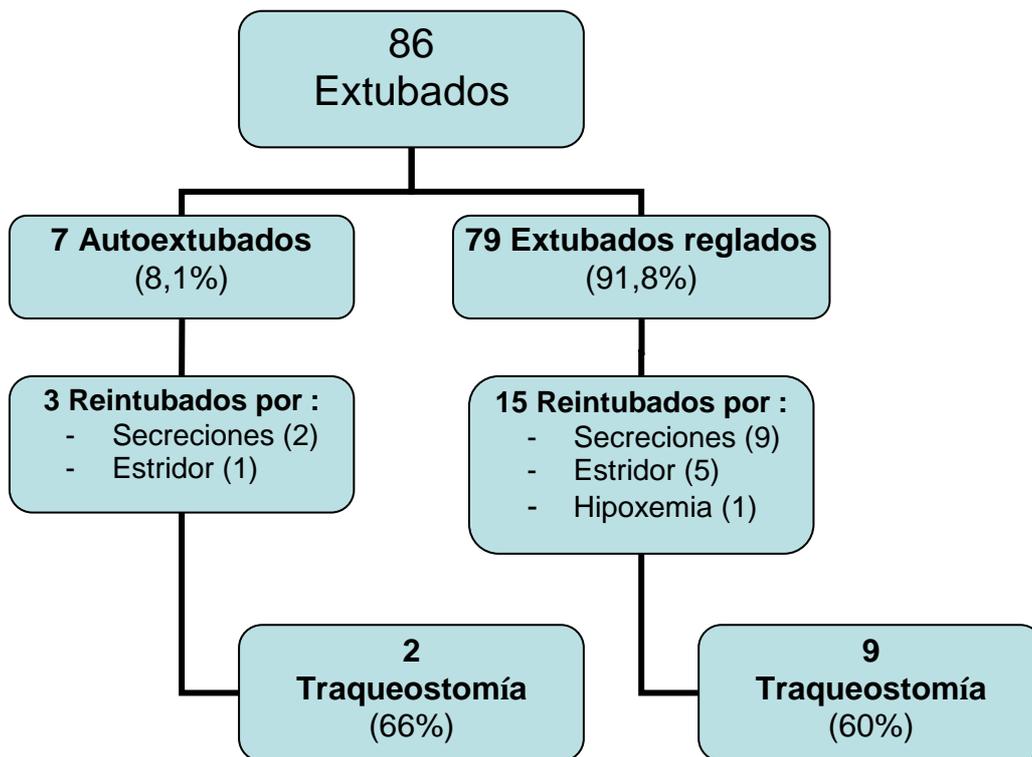


Figura 4.- Complicaciones tras la extubación.

De los 86 pacientes seleccionados, tras ser extubados, el 18,6% presentaron alguna manifestación clínica que sugería que se hubiera producido alguna lesión laringotraqueal en relación a la manipulación de la vía aérea superior, al propio dispositivo endotraqueal o a la técnica de aspiración continua de secreciones subglóticas.

La obstrucción de vía aérea superior fue diagnosticada en siete (8,1%) de los 86 pacientes, 6 de ellos precisaron reintubación y en un solo caso, que se había extubado de manera reglada, el estridor se resolvió con tratamiento médico.

Hubo 18 pacientes (20,9%) que tras la extubación presentaron disfonía y 8 pacientes (6,9%), que desarrollaron disnea transitoria.

En cuanto a la valoración de la disfagia, se excluyeron a los pacientes con patología neurocrítica y a los que acabaron precisando traqueostomía, por ser pacientes que la valoración de la disfagia como consecuencia del tubo endotraqueal podría haberse visto interferida por una alteración neurológica central de la deglución o por un efecto mecánico de la cánula. Entre los pacientes que se pudo hacer una adecuada valoración de la disfagia, ninguno de los extubados la presentó en grado suficiente para impedir la deglución más allá de las primeras 24 horas tras la extubación.

No se detectaron otros síntomas o signos que pudieran ser relacionados clínicamente con una complicación laringotraqueal.

La incidencia de traqueostomía entre los 86 pacientes que precisaron reintubación fue del 12.7% (11 pacientes).

Se analizaron los factores de riesgo asociados a la obstrucción de vía aérea superior tras la extubación (Tabla 7).

La mortalidad durante la estancia en la unidad de cuidados intensivos, en el grupo en que se diagnostica la obstrucción de vía aérea superior tras la extubación fue del 14,3%, sin hallar diferencias respecto al resto de pacientes ( $p=0,53$ ).

	<b>OVAS (N=7)</b>	<b>Sin OVAS (N=79)</b>	<b>p</b>
Duración de la intubación (días) (media ± DE)	5,9 ± 2,8	6,0 ± 5,0	0,90
Intentos de intubación (media ± DE)	2,3 ± 1,1	1,2 ± 0,5	0,001
Cormack grados III y IV (%)	71,4	8,8	<0,001
Intubación difícil (%)	71,4	10,1	0,001
Intubación extrahospitalaria (%)	0	5,1	0,70
Diámetro del tubo orotraqueal (mm) (media ± DE)	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,3	0,49
Mortalidad (%)	14,3	7,6	0,53

DE = Desviación Estándar.

Tabla 7.- Características de los pacientes con obstrucción de vía aérea superior (OVAS).

De los 86 pacientes seleccionados inicialmente para la valoración de las complicaciones clínicas, 37 fueron finalmente seleccionados para completar el estudio de vía aérea mediante tomografía multidetector (43,02%) (Figura 5). Los 49 pacientes restantes fueron excluidos por diferentes motivos:

- 12 eran menores de 50 años.
- 16 habían sido intubados durante menos de 72 horas.
- 11 fueron traqueostomizados tras la extubación.
- 6 casos en los que al ingreso en la unidad, considerando la incapacidad de toma de decisiones, un allegado había firmado el consentimiento informado en su nombre, pero tras la extubación, a pesar de que corroboraron su aprobación para disponer de sus datos para el análisis de las complicaciones clínicas, expresaron su deseo de no querer continuar con el estudio morfológico mediante tomografía.
- 4 pacientes fallecieron tras la extubación.

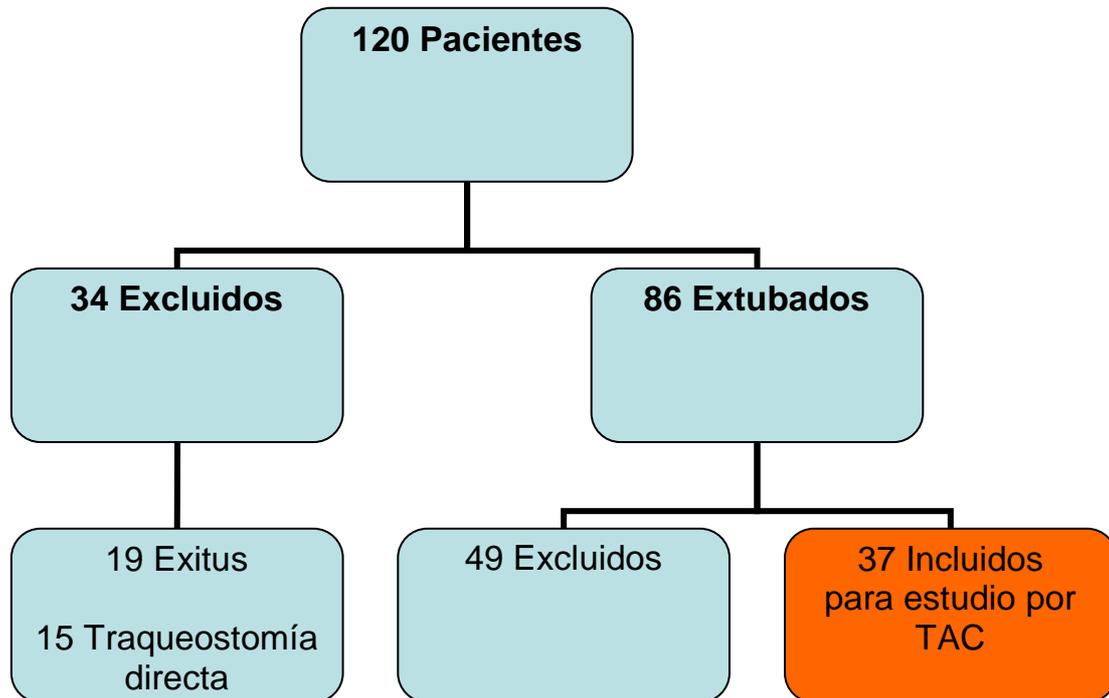


Figura 5. Selección de los pacientes

La media de tiempo entre la extubación y el estudio por tomografía fue de  $5 \pm 2$  días.

No hubo diferencias entre la población seleccionada para la realización del estudio morfológico mediante tomografía y el resto de la población en cuanto al total de días de intubación, diámetro del tubo endotraqueal empleado, presión media de succión del espacio subglótico, porcentaje de intubaciones difíciles y urgentes, distribución en la escala gradual de Cormack y número de intentos de intubación, así como tampoco se detectaron diferencias en la incidencia de obstrucción de vía aérea superior y disfonía (Tabla 8).

Únicamente se detectaron diferencias en cuanto a la edad y a la gravedad reflejada en la puntuación en el APACHE II.

	TCMD (N=37)	No TCMD (N=49)	p
APACHE II (puntos) (media ± DE)	18,8 ± 1,6	17,7 ± 1,9	0,005
Edad (años) (media ± DE)	64,7 ± 8,9	58,7 ± 16,2	0,04
Características vía aérea e intubación:			
- Cormack grados III y IV (%)	13,5	14,2	0,91
- Intentos de intubación (media ± DE)	1,3 ± 0,6	1,3 ± 0,4	0,40
- Diámetro tubo (mm) (media ± DE)	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,3	0,49
- Aspiración subglótica (mmHg) (media ± DE)	19,4 ± 3,4	19,9 ± 1,6	0,34
- Intubación difícil (%)	16,2	14,3	0,80
- Intubación urgente (%)	91,8	87,8	0,53
- Estridor (%)	5,4	10,2	0,69
- Disfonía (%)	18,9	18,3	0,77
Duración de la intubación (días) (media ± DE)	6,5 ± 3,9	5,8 ± 5,6	0,67

DE = Desviación Estándar.

Tabla 8.- Características de los pacientes incluidos en el estudio por tomografía multidetector (TCMD).

De los 37 pacientes seleccionados para el estudio por tomografía, en 9 se detectaron lesiones traqueales (24,3%), 2 de ellos presentaban lesiones fuera del espacio subglótico, uno mostraba estenosis leve y engrosamiento del cartílago (Imagen 1) y otro únicamente engrosamiento del cartílago, y 7 de ellos presentaban lesiones en el espacio subglótico (todos ellos con engrosamientos mucosos) (Imagen 2) (Figura 6).

No se hallaron diferencias entre los pacientes con y sin lesiones detectadas por la tomografía, excepto que la presión media de aspiración subglótica fue mayor en el grupo sin lesiones traqueales que en el grupo que sí las tenía ( $p=0,002$ ) (Tabla 9).

De los 7 pacientes que presentaron estridor como signo de obstrucción de vía aérea superior, 4 fueron traqueostomizados y la tomografía multidetector no fue realizada. De los 3 pacientes restantes, uno expresó su deseo de no proseguir en el estudio morfológico por tomografía y en los otros dos pacientes, la tomografía no mostró lesiones traqueales o subglóticas.

De los 18 pacientes que presentaron disfonía, en 8 de ellos (44%) la tomografía fue realizada. En un paciente se observaba estenosis traqueal leve y engrosamiento del cartílago y en otro engrosamiento mucoso a nivel del área subglótica.

Entre los pacientes que presentaron disnea, la tomografía sólo se realizó en un paciente, en el que no se detectaron lesiones.

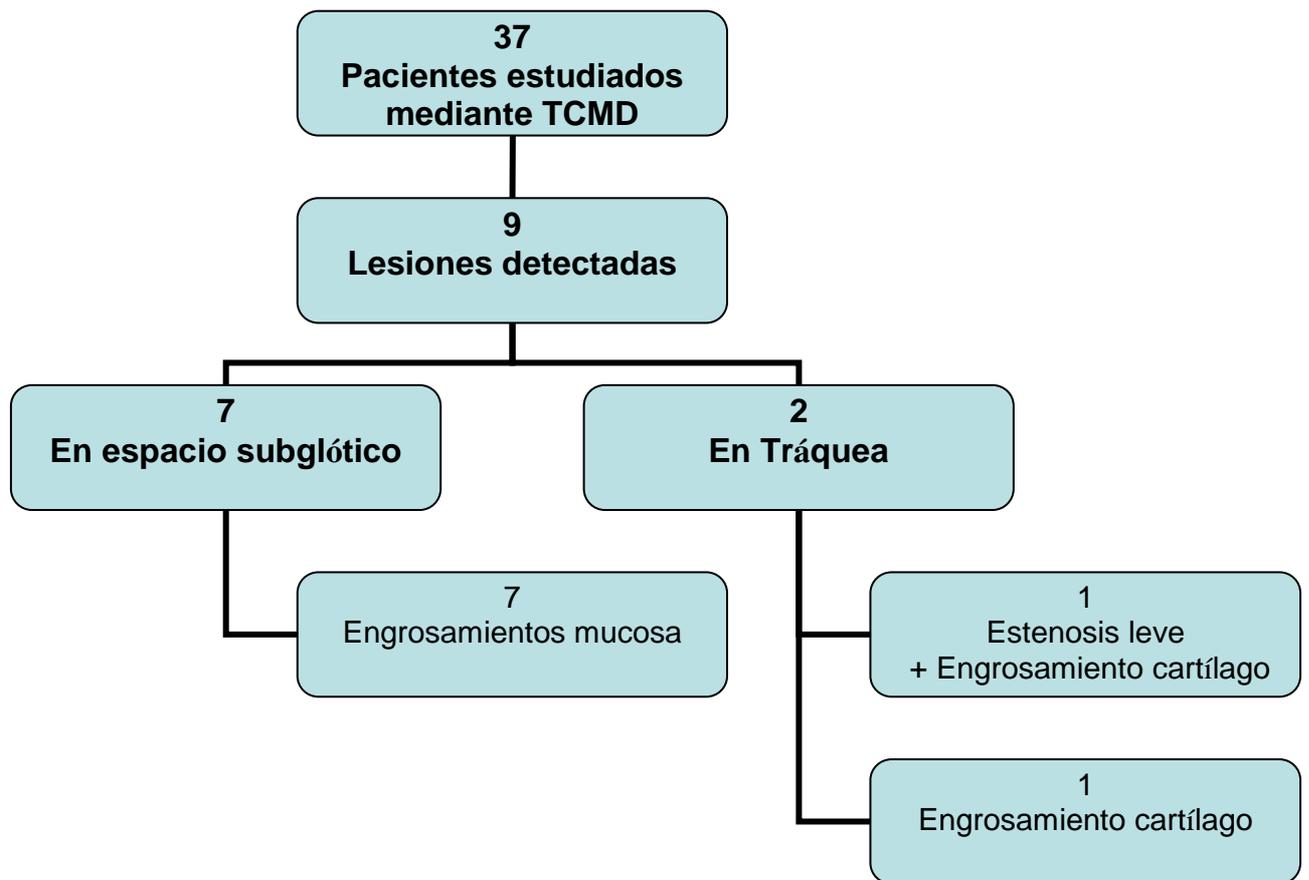


Figura 6.- Lesiones detectadas mediante tomografía multidetector.

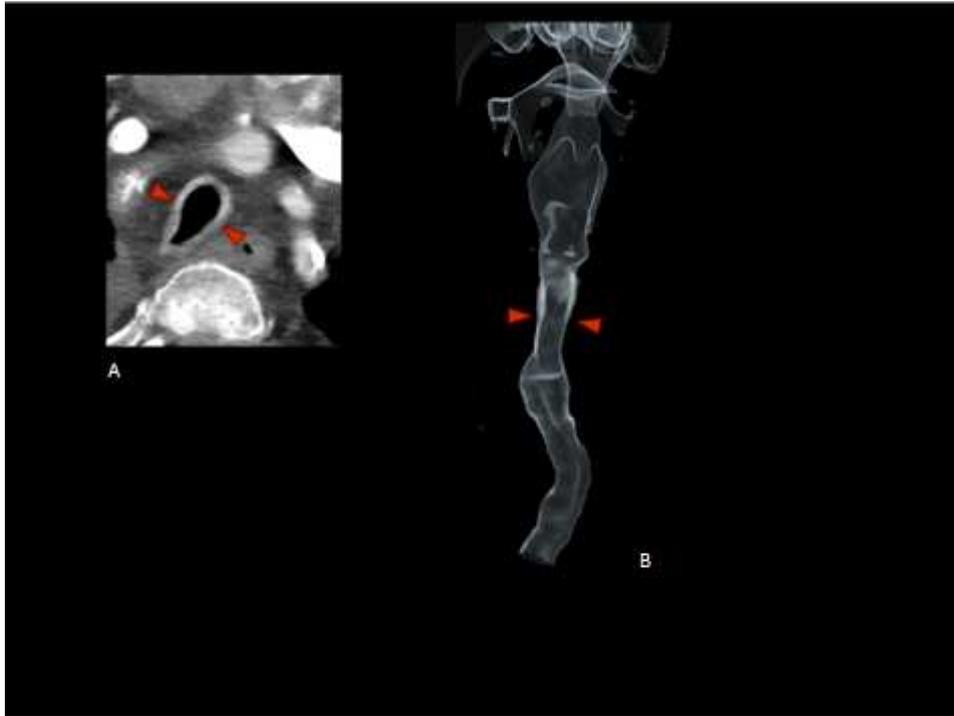


Imagen 1: Engrosamiento difuso del cartílago traqueal (A). Disminución de la luz traqueal (B).

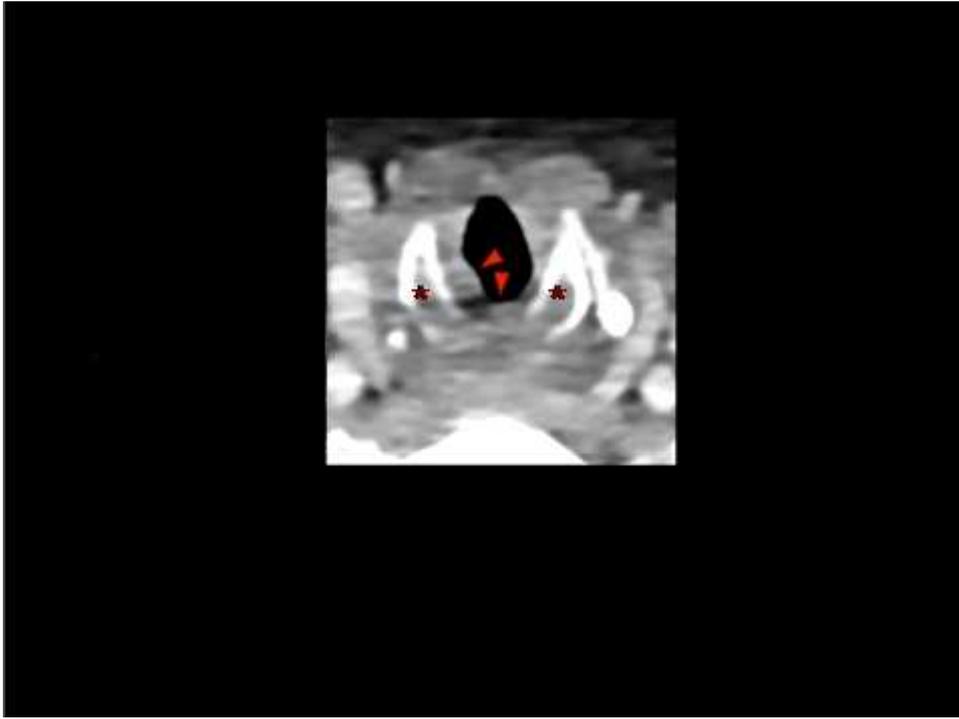


Imagen 2: Engrosamiento mucoso de la tráquea subglótica en su porción posterior y lateral (flechas). Cartílago cricoides (\*).

	Con lesión vía aérea superior (N=9)	Sin lesión vía aérea superior (N=28)	p
APACHE II (puntos) (media ± DE)	19 ± 1	19 ± 2	0.08
Edad (años) (media ± DE)	62.4 ± 10.8	65.5 ± 8,2	0.20
Características de vía aérea e intubación:			
- Cormack grados III y IV (%)	11,1	14,2	1,0
- Intentos de intubación (media ± DE)	1.4 ± 0,8	1.4 ± 0.7	0.60
- Diámetro tubo (mm) (media ± DE)	7.7 ± 0,3	7.8 ± 0.2	0.12
- Aspiración subglótica(mmHg)(media ± DE)	17.8 ± 6.6	19.9 ± 1	0.002
- Intubación difícil (%)	22	14	0.62
- Intubación urgente (%)	100	89.3	0.56
Duración intubación (días) (media ± DE)	7.4 ± 3.7	6.2 ± 2	0.89

DE = Desviación Estándar.

Tabla 9.- Características de los pacientes con de vía aérea superior detectadas en la tomografía multidetector.

Entre los 9 pacientes con lesiones detectadas por tomografía sólo dos pacientes habían presentado una manifestación clínica y fue en forma de disfonía, sin haber registrado más complicaciones clínicas en los demás pacientes. De los dos pacientes con lesión por tomografía y disfonía, uno de ellos presentaba lesión subglótica.

## 7. DISCUSIÓN.

Nuestros resultados confirman que la incidencia de lesiones traqueales clínicamente significativas en pacientes intubados mediante dispositivo endotraqueal específico y a los que se les aplica la aspiración continua de secreciones subglóticas, no es superior a la descrita en la literatura sobre poblaciones generales de intubados.

Hay muy poca información sobre la incidencia de complicaciones en relación a la utilización de la técnica de aspiración de secreciones subglóticas a través del canal específico que incluyen los tubos endotraqueales actuales. En 2004, Girou *et al.*<sup>175</sup> en un estudio diseñado para la evaluación del impacto de la aspiración de secreciones subglóticas y posición semiincorporada en la colonización de la vía aérea inferior, describe clínica compatible con edema laríngeo en el 40% de los pacientes que recibieron aspiración continua, precisando reintubación. Hay que tener en cuenta que este porcentaje se deduce de 2 de los 5 pacientes del grupo de aspiración. Es un estudio con un pequeño tamaño muestral (18 pacientes), y en el que la aspiración se realiza a una elevada presión negativa de -30 mmHg, lo cual podría haber favorecido la aspiración de la mucosa por la presión negativa excesiva y su consecuente lesión. No obstante, sirve de alarma y se modifican las recomendaciones, aconsejando no exceder la presión de aspiración de -20 mmHg

Por otro lado, poco después, Berra *et al.*<sup>178</sup>, en un estudio en 22 ovejas ventiladas, halla en el análisis traqueal de las necropsias de los animales que habían recibido aspiración continua a presión de  $\leq 20$  mmHg, lesiones en la mucosa traqueal en diferentes grados de severidad, coincidiendo la posición de estas lesiones, según su descripción, con la zona del puerto de succión del canal de aspiración subglótica. No halló ninguna lesión en el grupo

control. No se describe la traducción clínica de estas lesiones en los animales. Es un estudio, cuyas limitaciones son importantes: Se basan en un bajo tamaño muestral, en animales que además se ventilan en posición de decúbito prono, haciendo por todo ello sus resultados poco sólidos y muy poco extrapolables a los pacientes de nuestras unidades de cuidados intensivos. No obstante, plantea una alarma sobre el posible efecto lesivo de la técnica. Tras la búsqueda en la literatura de similitudes de la tráquea humana y la de estos animales, únicamente hemos encontrado la descripción de proyectos para la utilización en el futuro, de tejidos traqueales de ovejas aplicados a la reparación quirúrgica de lesiones traqueales en humanos. No hemos hallado ningún estudio anatómico-histológico que las compare, por lo que desconocemos datos importantes, tales como, por ejemplo, si son más susceptibles a la isquemia.

En 2007, Harvey *et al.*<sup>183</sup> reporta dos únicos casos aislados de pacientes politraumáticos que desarrollan fístula traqueoesofágica, que, según refiere, considerando la morfología y la localización de la lesión, podrían haberse originado a partir de la succión que se realiza en el orificio de aspiración subglótica del tubo endotraqueal, desconocemos datos importantes tales como las condiciones de la técnica.

Dragoumanis *et al.*,<sup>184</sup> en el mismo año, en un estudio en 40 pacientes que analiza las causas de disfunción de un sistema de aspiración continua a presión de -15 mmHg, determina que se detecta un mal funcionamiento en el 50% de los pacientes, y describe mediante observación por fibrobroncoscopia, que en la mayoría de los disfuncionantes (89%), se produce una succión subglótica de la propia mucosa traqueal. Sugiere la necesidad de cambio en el diseño de la curvatura del tubo para que el orificio de aspiración no quede situado tan próximo a la mucosa y considera necesario añadir al sistema, un

mecanismo de detección de disfunción, para evitar así la lesión traqueal. No describe la traducción clínica de las alteraciones observadas.

Bouza *et al.*,<sup>185</sup> en 2008, realiza un estudio en 714 pacientes mediante aspiración continua a presión negativa de 100-150mmHg, pero con comprobación de permeabilidad, en el que además de concluir de manera similar a los previos, que es un sistema preventivo eficaz, no halla complicaciones atribuibles al propio sistema de aspiración, a pesar de la elevada presión aplicada.

Tanto en el estudio de Dragoumanis *et al.*<sup>184</sup>, como en el de Bouza *et al.*<sup>185</sup>, se sugiere la necesidad de comprobar el correcto funcionamiento del sistema para evitar lesiones.

Lacherade *et al.*,<sup>186</sup> en 2009, en un estudio de evaluación de la eficacia preventiva del sistema de aspiración intermitente mediante jeringa comparándolo con un grupo control, registra un escaso número de pacientes con disnea y una baja tasa de reintubación, considerando la técnica como segura, al no hallar diferencias entre los grupos.

En el metaanálisis de Muscedere *et al.*,<sup>188</sup> en 2011, que incluye 2.442 pacientes, no se halla mayor necesidad de reintubación en los pacientes que reciben la aspiración de secreciones subglóticas; en otros metaanálisis como el de Wang *et al.*<sup>190</sup> de 2012, que incluye 2.213 pacientes y el de Frost *et al.*<sup>191</sup> en 2013, con 2.280 pacientes, también se evalúa la técnica como segura.

Cuando analizamos las complicaciones que presentan los 86 pacientes seleccionados de nuestro estudio y los comparamos con las tasas de complicaciones descritas en la literatura, hay que tener en cuenta, en primer lugar, que en términos globales, las complicaciones descritas en la bibliografía revisada, son en poblaciones generales de intubados, de las que desconocemos en la mayoría de casos, el tipo de tubo endotraqueal

utilizado y qué proporción ha recibido algún tipo de sistema de aspiración de secreciones subglóticas. En segundo lugar, debemos contemplar, que la muestra que hemos analizado está seleccionada sobre la población general de todos los intubados de la unidad (386 pacientes), habiéndose excluido un 56% de ellos (216 pacientes) por haber permanecido intubados menos de 48 horas. Aunque no se han recogido las complicaciones desarrolladas por todos los pacientes para poderlos comparar, hay que tener en cuenta que de por sí, es bien conocido que la intubación prolongada más allá de 2-3 días, es un factor de riesgo para el desarrollo de lesiones laríngeas y estridor,<sup>53 56 57</sup> por lo que se sugiere que si el número de complicaciones de nuestra población seleccionada, es similar al de la población general de intubados descrita en la literatura, podremos dar firmeza a la conclusión de que, la aplicación de la técnica continua de aspiración subglótica, es una medida preventiva segura.

Uno de los síntomas más frecuentes que presentan los pacientes sometidos a intubación endotraqueal es la disfonía temporal durante 24-72 horas tras la extubación. En nuestro estudio, hallamos una incidencia del 20,9%, que no es superior a la descrita en diferentes estudios, con rangos que oscilan entre el 14,4 y 50% de los casos.<sup>202</sup>

Hasta el momento, la incidencia de incompetencia laríngea y/o faríngea como mecanismos de disfagia, en pacientes que han precisado el uso de una vía aérea artificial, no está bien determinada. Algunos estudios sugieren una proporción superior al 40% de dichas alteraciones en pacientes recién extubados y entre el 50-84% en pacientes que requieren traqueostomía.<sup>203 204 205 68</sup> En nuestra serie de pacientes, a los que se les aplica la aspiración subglótica, no se ha detectado esta complicación en ninguno de ellos, si bien es cierto que se ha valorado como significativa a partir de las 24 horas tras la extubación y se han excluido para la valoración, a los pacientes que padecen trastornos neurológicos o los que precisan traqueostomía tras la extubación. Una lesión orgánica cerebral o un estado de

bajo nivel de consciencia, podrían producir disfagia por un mecanismo diferente (origen central) y, por otro lado, los pacientes portadores de cánula de traqueostomía, podrían presentar alteraciones deglutorias por un problema mecánico producido por la propia cánula. En estas situaciones, por tanto, parece lógico deducir, que se podrían producir interferencias en la interpretación de los resultados.

La aplicación de una vía aérea artificial, a menudo se complica generando edema laríngeo. Éste puede manifestarse tras la extubación como obstrucción de vía aérea superior, traducándose clínicamente en forma de estridor y/o insuficiencia respiratoria, resultando finalmente, en muchas ocasiones, en la necesidad de reintubación. Hay estudios experimentales, estudios clínicos y basados en necropsias que demuestran que la intubación prolongada puede propiciar el edema, la inflamación e incluso la ulceración tanto a nivel laríngeo como en la mucosa traqueal, especialmente a nivel de las cuerdas vocales y en el lugar de contacto con el neumotaponamiento.<sup>206 207 208 209 210 211</sup> Es bien conocido que el edema laríngeo ocurre de manera temprana tras la extubación, generalmente en las primeras 6 horas.<sup>177 212 213 214</sup> La incidencia de obstrucción de vía aérea superior descrita en los últimos 25 años con tubos endotraqueales convencionales oscila entre el 5 y el 54,4% (Tabla 11), dependiendo de las definiciones y el método de diagnóstico utilizado en los diferentes estudios, siendo la atribuible como consecuencia directa de la propia intubación orotraqueal, en el 5-15% de pacientes. En los pacientes de nuestro estudio, el estridor se detecta en un 8.1%, lo cual no excede a lo descrito.

Autor del artículo y referencia	Año publicación	Número de participantes	EPE y ELPE (%)	Reintubación R (%)	RA EPE/ELPE (%)
<b>ESTRIDOR TRAS LA EXTUBACIÓN</b>					
Ho <i>et al.</i> <sup>215</sup>	1989	38	26,3	DND	10
Miller <i>et al.</i> <sup>176</sup>	1996	100	6,0	17,0	50
Sandhu <i>et al.</i> <sup>216</sup>	2000	110	11,8	DND	46,2
De Bast <i>et al.</i> <sup>217</sup>	2002	76	13,2	18,4	80
Jaber <i>et al.</i> <sup>218</sup>	2003	112	11,6	9,8	69,2
Mauray <i>et al.</i> <sup>219</sup>	2004	99	4,0	18,2	25,0
Kriner <i>et al.</i> <sup>220</sup>	2005	462	4,3	DND	35
Ding <i>et al.</i> <sup>221</sup>	2006	51	7,8	DND	50
Cheng <i>et al.</i> <sup>222</sup>	2006	236	7,6	5,9	55,6
Lee <i>et al.</i> <sup>223</sup>	2007	325	7,7	1,8	24,0
Tadié <i>et al.</i> <sup>62</sup>	2010	136	13,2	12,5	22,2
Cheng <i>et al.</i> <sup>224</sup>	2011	71	13	12,4	68,8
Gros <i>et al.</i> <sup>225</sup>	2012	104	6,7	27,9	85,7
<b>EDEMA LARÍNGEO TRAS LA EXTUBACIÓN</b>					
Darmon <i>et al.</i> <sup>63</sup>	1992	337	5,0	DND	29,4
De Bast <i>et al.</i> <sup>217</sup>	2002	76	10,5	18,4	100
François <i>et al.</i> <sup>226</sup>	2007	761	13	6	38
Tadié <i>et al.</i> <sup>62</sup>	2010	136	54,4	DND	17,6
Sutherasan <i>et al.</i> <sup>227</sup>	2013	101	16,8	DND	11,8

DND= Datos no disponibles

Tabla 11.- Incidencia de estridor (EPE) y edema laríngeo postextubación (ELPE), reintubaciones totales (R) y reintubaciones atribuibles a estridor postextubación/edema laríngeo (RA EPE/ELPE).<sup>53</sup>

La disnea, por otro lado, sólo la han manifestado un 6.9% de los pacientes, de lo que se deduce que, aunque el estridor se presenta cuando se producen estrechamientos de la vía aérea superior de más del 50% de la luz,<sup>55</sup> hay pacientes con estridor que no presentan sensación subjetiva de disnea, siendo posiblemente éstos, los casos que desarrollan menor compromiso del flujo de aire.

Así como en la literatura se describen como factores de riesgo para el desarrollo de estridor tras la extubación la intubación prolongada, un tubo endotraqueal de diámetro excesivo, el sexo femenino, (probablemente en relación a que son pacientes de menor talla), una elevada presión del neumotaponamiento y la intubación difícil;<sup>53</sup> en nuestros pacientes, únicamente la dificultad en la intubación, fue detectada como factor de riesgo para una mayor incidencia de obstrucción de la vía aérea superior. Aunque la presión del neumotaponamiento de los pacientes no fue registrada, en nuestra unidad se mide de manera estricta y protocolizada cada cuatro horas, por parte del equipo de enfermería, adecuando su presión a niveles de seguridad entre 20 y 30 cmH<sub>2</sub>O. Este estricto control podría haber minimizado el efecto lesivo por hiperpresión del neumotaponamiento sobre la mucosa traqueal. La duración media de la ventilación mecánica de los pacientes fue sólo de 6 días y el promedio de diámetro interno de los tubos endotraqueales utilizados fue próximo a lo estipulado en la unidad de acuerdo con lo recomendado en la literatura, de 7,5 mm en mujeres y 8 mm en hombres. A pesar de que todos los tubos endotraqueales utilizados en los pacientes analizados disponían de canal de aspiración, los cuales incrementan en aproximadamente 0,7-1 mm el diámetro externo, en comparación con los convencionales (Tabla 10), no se detectó el diámetro del tubo como factor de riesgo para estridor ( $7,8 \pm 0,2$  vs.  $7,8 \pm 0,3$ ;  $p = 0,49$ ). Así pues, considerando las directrices aplicadas en nuestros pacientes, de adecuar el diámetro del tubo endotraqueal a cada paciente, estos resultados

sugieren que ceñirse a estas directrices, evitando diámetros excesivos, puede minimizar las complicaciones.

Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo ( <u>SIN</u> canal de aspiración) (mm)	Diámetro Externo ( <u>CON</u> canal de aspiración) (mm)
6,0	8,2	9,0
6,5	8,9	9,8
7,0	9,5	10,4
7,5	10,2	11,2
8,0	10,8	11,8
8,5	11,4	12,6
9,0	12,1	13,1

Tabla 10,- Diámetros de los tubos utilizados: TaperGuard<sup>®</sup> Evac. Mallinckrodt. Covidien.

La tasa de fracaso de la extubación en la población general de las unidades de cuidados intensivos oscila entre un 10 y un 20%.<sup>54 228</sup> En nuestro estudio, de entre los 86 pacientes, la tasa de reintubación fue del 20.9%. No obstante, la incidencia fue diferente en el grupo con una extubación accidental o autoextubación (43%), que en el grupo con extubación programada (18,9%). Es importante señalar que entre los pacientes con extubación programada que precisaron reintubación, un 46,6% eran pacientes con patología neurológica. Se ha descrito que la patología neurológica o disminución del nivel de consciencia, se asocian de manera independiente con el fracaso de la extubación; así pues estos pacientes se consideran como población de alto riesgo de reintubación. En un estudio de 1998, que analiza las características clínicas de los pacientes y los índices calculados en el proceso de destete de la ventilación como predictores de éxito, en una prueba de respiración espontánea, se halla que los pacientes neurológicos, además de tener una mayor tasa de reintubación (35,7%), los parámetros que podrían asociarse al fracaso, son diferentes a los del resto de pacientes.<sup>229</sup> Namen *et al.*, al analizar en un estudio de 2001, 100 pacientes neuroquirúrgicos, diseñado de manera específica para hallar predictores de éxito de la extubación, uno de los parámetros encontrados, fue una puntuación igual o superior a 8 puntos en la escala de Glasgow. No obstante, la tasa de reintubación global de sus pacientes fue del 16%; los autores sugieren que esta baja tasa de reintubación podría deberse a que manejan a sus pacientes neuroquirúrgicos con un elevado umbral de exigencia para la extubación y a una elevada tasa de traqueostomías programadas, sin extubación.<sup>230</sup> En otro estudio en 2007, en 673 pacientes ventilados entre 15 días y un mes, se observó que una puntuación en la escala de Glasgow de 10 puntos o inferior, era una variable que predecía mayor probabilidad de reintubación; el 38% de los pacientes con bajo nivel de consciencia, precisaron ser reintubados.<sup>231</sup> En nuestro estudio, sólo el 22,2% de los

pacientes neurológicos precisaron reintubación. Hay que señalar que en nuestra unidad de cuidados intensivos, de manera similar a la actitud descrita por Namen *et al.*<sup>230</sup>, conociendo la importancia de la patología neurológica como factor de riesgo para el fracaso de la extubación, cuando se valora un paciente neurológico en la fase de destete de la ventilación mecánica, ante un nivel de consciencia límite u oscilante, el manejo clínico se declina hacia una mayor tendencia, en comparación con el resto de pacientes, a la realización de traqueostomía directa, sin probar la extubación. Esta actitud se considera beneficiosa para el paciente, teniendo en cuenta el riesgo que supone una reintubación.

Diferentes estudios describen que la reintubación es necesaria en un 10-100% de los pacientes que desarrollan edema laríngeo o estridor post-extubación (Tabla 11). Este amplio rango, se debe de nuevo a que hay una importante heterogenicidad en cuanto a los criterios diagnósticos clínicos subjetivos entre los diferentes estudios. De Bast *et al.*<sup>217</sup>, en 2002 en un estudio en 76 pacientes para valorar el “*Cuff Leak Test*” como predictor de fracaso de la extubación por edema laríngeo, en pacientes intubados, mediante tubo endotraqueal de 8,5 mm, describe la aparición de edema laríngeo/estridor hasta en un 24% de los pacientes, aumentando hasta el 38% cuando se excluye a los intubados menos de 48h, precisando ser reintubados entre 80 y 100% de estos pacientes, y representando un 28,2% de todas las reintubaciones. En 2007, François *et al.*<sup>226</sup>, en un estudio multicéntrico en 761 adultos con intubación prolongada, cuyo objetivo era valorar la eficacia preventiva de los corticoides en el edema laríngeo, administrados previamente a la extubación, describe, bajo criterios clínicos, el desarrollo de edema laríngeo en el 13% de los pacientes, siendo de éstos el 83% calificados como leves, el 47% de aparición en los primeros 5 minutos tras la retirada del tubo endotraqueal, siendo necesaria la reintubación en el 38% de los casos y representando estos pacientes, un 40% de todas las reintubaciones. En 2011

Cheng *et al.*<sup>224</sup> en un estudio en 71 pacientes, cuyo objetivo de nuevo era analizar el efecto de la corticoterapia como tratamiento de prevención del estridor tras la extubación, observa tasas de estridor del 13%, precisando reintubación hasta en el 70% de los casos. Esteban *et al.*,<sup>232 233</sup> halla que la obstrucción alta de vía aérea superior es la responsable del 15-19% de todas las reintubaciones. Epstein *et al.*,<sup>234</sup> registra que este porcentaje es similar, del 15%, pero aumenta hasta casi el 50% cuando se analizan las causas de reintubación temprana, en las primeras 12 horas. Daley *et al.*<sup>235</sup>, describe que el edema laríngeo era la causa de fracaso de la extubación hasta en el 38% de los casos. En ninguno de estos estudios se realizó un estudio específico para confirmar la obstrucción de vía aérea superior. En nuestro estudio, la incidencia de obstrucción de la vía aérea fue del 8,1%, siendo la tasa de reintubación por obstrucción de la vía aérea superior del 87,5%, representando un 33,3% de todos los pacientes que precisaron ser reintubados. Por lo tanto, de nuevo, no parece que la aparición de edema laríngeo/estridor en nuestra población sea superior a lo descrito.

Está bien definido en la literatura que el fracaso de la extubación y la consecuente necesidad de reintubación, se asocia a una mayor mortalidad.<sup>236</sup>

En nuestros pacientes, la mortalidad de los que precisaron reintubación fue del 33,3%, pero la mortalidad de los que presentaron clínica de obstrucción de vía aérea superior y precisaron reintubación fue del 14,2% ( $p = 0,31$ ). Otros estudios apoyan nuestros resultados, como se apunta en la revisión de Thille AW., Brochard L. *et al.*,<sup>54</sup> basándose en el estudio de Epstein SK, *et al.*,<sup>234</sup> que analizaban la mortalidad de 74 pacientes que precisan ser reintubados.

En la unidad de cuidados intensivos del hospital de Sabadell, se utiliza la ventilación mecánica no invasiva inmediatamente después de la retirada del tubo endotraqueal, como técnica de profilaxis de fracaso de la extubación, en casos seleccionados que encajen en el

subgrupo de pacientes en los que la literatura ha demostrado beneficio (pacientes hipercápnicos con enfermedad respiratoria crónica previa), pero no se aplica como medida de soporte cuando el paciente desarrolla compromiso respiratorio tras la retirada del tubo endotraqueal, excepto cuando previamente se ha establecido limitación del esfuerzo terapéutico para reintubación. Considerando que el concepto de fracaso de la extubación, incluye aquellos pacientes que precisan reintubación o fallecen en las primeras 48-72 horas tras la extubación y los que se tratan con ventilación mecánica no invasiva durante este periodo, sin incluir los que se tratan con esta medida de soporte de manera preventiva,<sup>237</sup> quedaría razonado el porqué que la tasa de reintubación se puede equiparar a la de fracaso de la extubación en nuestros pacientes.

La incidencia de traqueostomía en nuestro estudio fue del 11,6%. Teniendo en cuenta, que la segunda causa de intubación inicial fue la patología neurológica, la incidencia no fue elevada comparada con datos de los Estados Unidos de los últimos años que registran una incidencia media de traqueostomía del 9,1%.<sup>238</sup>

A pesar de que en los últimos años, gracias a la evolución de las estrategias protectivas en ventilación mecánica y cuidados generales del enfermo crítico, la mortalidad intrahospitalaria de la población ventilada mecánicamente ha descendido, continúa siendo elevada, con cifras de aproximadamente un 30%.<sup>239</sup> En nuestra población, la mortalidad es baja, siendo de un 20% entre todos los intubados a lo largo del año que duró el estudio y del 8% en la población seleccionada de extubados para el análisis de las complicaciones laringotraqueales.

La incidencia de lesiones traqueales estructurales halladas mediante tomografía en nuestro estudio fue del 24,3%. La población en la que se ha realizado el estudio morfológico por tomografía, se ha seleccionado para mayores de 50 años, con el objetivo

de minimizar los efectos de la irradiación. Así pues, siendo un grupo de más edad, tiene una puntuación mayor en la escala de gravedad APACHE II. Por otro lado, habiendo utilizado la tomografía multidetector en el diagnóstico de lesiones de vía aérea, pudo haberlas infradiagnosticado comparado con el método “gold estándar”, la traqueoscopia fiberoptica. Dos estudios relacionados durante los años 80’ utilizando estudio fiberoptico o análisis postmortem, hallaron una incidencia de lesiones isquémicas del 31-95%.<sup>240 206</sup> Datos más recientes de un estudio de Touat *et al.*<sup>77</sup>, en población general intubada, utilizando traqueoscopia fiberoptica, un elevado número de pacientes presentaba lesiones traqueales (el 83% presentaba al menos una lesión traqueal isquémica), siendo la mayoría de lesiones clasificadas como leves, con isquemia o hiperemia, pero incluso las consideradas como severas (33% de los pacientes), como ulceración o rotura traqueal, se resolvieron en dos semanas tras la extubación, sin complicaciones clínicamente significativas.

No obstante, varios estudios han demostrado la utilidad de la tomografía multidetector en la detección de las lesiones traqueales moderadas o severas (engrosamientos, úlceras, granulomas y estenosis) con sensibilidad superior al 90% también para lesiones localizadas en la zona subglótica, siendo equiparable a la fibrobroncoscopia para esta indicación.<sup>197 198 199 88</sup> La técnica de imagen que se ha utilizado, por lo tanto, se considera precisa para distinguir las lesiones que por localización pueden atribuirse a la aspiración subglótica.

Cabe resaltar la diferente sensibilidad de esta técnica de imagen en función de la severidad de las lesiones. Así pues, para la detección de lesiones leves de la mucosa traqueal, como las descritas por Touat *et al.*<sup>77</sup>, donde la mayoría se definen como edema o hiperemia, la tomografía multidetector, al tener una más baja sensibilidad, pudo no haberlas detectado; no obstante, estas pequeñas lesiones acostumbran a ser temporales y

clínicamente no significativas. Por otro lado, para las más lesiones más severas, la tomografía es más sensible y sí que habrán sido detectadas con mayor probabilidad.

Las lesiones subglóticas descritas por el estudio experimental de Berra *et al.*,<sup>178</sup> fueron calificadas como de eritema o hemorrágicas y menos frecuentes, como necróticas o con engrosamientos cartilagosos; creemos que para estas lesiones más infrecuentes y severas, la tomografía multidetector hubiera tenido una elevada sensibilidad.

No hemos hallado estudios publicados en revistas científicas utilizando tomografía, para la evaluación de las lesiones traqueales relacionadas con tubos endotraqueales, con los que podamos comparar nuestros resultados. Únicamente un estudio no publicado, por Gómez *et al.* en España, valora en 49 pacientes intubados más de 48 horas mediante tomografía multidetector, la incidencia de este tipo de lesiones. Este estudio fue presentado como comunicación oral en un congreso y describía una incidencia del 24,4%, idéntica a la encontrada en nuestro estudio.<sup>196</sup>

Algunas limitaciones de nuestro estudio deben tenerse en cuenta. El estudio fue realizado en una única unidad de cuidados intensivos, por lo que las conclusiones halladas presentarán las limitaciones de un unicéntrico, cuando se plantee aplicar los resultados a la práctica clínica en otras unidades. Las conclusiones se limitan al tubo endotraqueal utilizado, en las condiciones en las que se ha aplicado, no pudiéndose generalizar los hallazgos a otros dispositivos o condiciones. Cabe señalar, por otro lado, que nuestra unidad de cuidados intensivos es multidisciplinar, de ámbito médico-quirúrgico, por lo que, de alguna manera, se podría ampliar en cierto modo su aplicabilidad.

No es un ensayo clínico aleatorizado, por lo que pierde solidez en cuanto a generar recomendaciones a partir de los resultados encontrados. No obstante, teniendo en cuenta que la aspiración de secreciones subglóticas, ha sido confirmada por diferentes estudios

como técnica eficaz de prevención de neumonía asociada a la ventilación mecánica, y consta como recomendación en las guías de actuación clínica de las principales sociedades científicas nacionales e internacionales, se podría considerar como poco ético plantear un estudio de estas características.

Otra potencial limitación, es la utilización de la tomografía multidetector para la detección de lesiones traqueales, no siendo ésta la prueba “*gold standart*”. Como ya hemos señalado, podrían haberse infradiagnosticado sobretodo las lesiones más leves, siendo, por otro lado, una técnica adecuada para el diagnóstico de las más severas y profundas, con elevada sensibilidad y especificidad.

Nuestros resultados sugieren la ausencia de complicaciones clínicamente significativas relacionadas con la utilización de la aspiración subglótica como método preventivo de neumonía asociada a la ventilación, al menos cuando la presión de la aspiración subglótica se mantiene en los 20 mmHg. La falta de complicaciones traqueales en nuestros pacientes, por encima de lo estudiado hasta ahora en población general de intubados, creemos que en parte podría atribuirse a la amplia experiencia en la aplicación de la técnica, introducida hace 20 años en la unidad, y en las medidas que se llevan a cabo para verificar su correcto funcionamiento, sobretodo a través del efectivo sistema de control de las presiones aplicadas y de la verificación periódica de su permeabilidad. Creemos que estas premisas son clave en nuestros resultados, por lo que sería importante puntualizar, que se considera una técnica segura, pero siempre que se aplique de manera adecuada y rigurosa.

## **8. CONCLUSIONES.**

1.- Se han detectado complicaciones relacionadas con la vía aérea artificial, en pacientes intubados de manera prolongada, con dispositivo endotraqueal que incluye canal específico para secreciones subglóticas y a los que se les aplica la técnica de aspiración continua.

2.- La incidencia de complicaciones clínicamente significativas relacionadas con la vía aérea artificial en estos pacientes, es baja.

3.- Estas complicaciones clínicas no son diferentes ni más frecuentes que lo descrito en población general de pacientes intubados.

4.- La obstrucción de la vía aérea en estos pacientes, se relaciona con la intubación difícil, siendo este factor de riesgo también hallado en la población general de intubados.

5.- La incidencia morfológica de lesiones traqueales, utilizando la tomografía computerizada multidetector fue baja, y en la región subglótica, las lesiones detectadas fueron leves.

6.- El sistema de aspiración continuo de secreciones subglóticas en los pacientes intubados es una técnica preventiva para la neumonía asociada a la ventilación que se puede considerar segura siempre que se aplique bajo un riguroso control.

## 9. RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** La ventilación mecánica es imprescindible en muchos pacientes críticos pero no está exenta de riesgos. A nivel laringotraqueal, múltiples complicaciones se han descrito, sobretodo en relación al tubo endotraqueal, desde pequeñas ulceraciones, hasta necrosis.

La neumonía asociada a ventilación mecánica es una entidad infecciosa prevalente y que empeora el pronóstico de los enfermos. Una medida efectiva de prevención consiste en la aspiración, a través de un canal accesorio del tubo, de las secreciones que se acumulan a nivel subglótico.

Un estudio experimental en ovejas ventiladas en decúbito prono, describe diferentes grados de ulceración en mucosa traqueal coincidiendo con la zona de aspiración subglótica. No hay estudios dirigidos en humanos que evalúen estas lesiones.

La broncoscopia se considera como técnica referente para evaluar las lesiones de la vía aérea. No obstante, hay literatura que apoya la tomografía multidetector como prueba de elevada sensibilidad y especificidad, además de una baja invasividad.

**OBJETIVO:** Evaluar la seguridad de la aspiración continua de secreciones subglóticas, mediante el análisis clínico y morfológico por tomografía axial de las lesiones laringotraqueales postextubación.

## **MÉTODOS:**

- Diseño: Estudio observacional, prospectivo, de una cohorte de pacientes intubados en un año, en un centro de críticos multidisciplinar.
- Muestra: 86 pacientes intubados más de 48h, que han recibido aspiración continua subglótica y que son extubados.
- Material y procedimiento: Se recogen variables clínicas y de los hallazgos morfológicos laringotraqueales detectados por tomografía multidetector y se comparan con lo descrito hasta ahora en la literatura, en población general de intubados.

**RESULTADOS:** 86 pacientes, 64% hombres,  $61 \pm 14$  años y puntuación media en APACHE II  $18 \pm 2$  puntos. Motivos de ingreso: Insuficiencia respiratoria (25,5%) y neurocríticos (21%). 15,1% intubaciones difíciles y 89,5% intubaciones urgentes. Diámetro tuboendotraqueal  $7,8 \pm 0,3$  mm. Duración intubación  $6,06 \pm 4,8$  días. 7 (8,1%) extubación accidental y 79 (91,8%) extubación reglada.

Postextubación, el estridor, como signo de obstrucción de vía aérea superior, fue diagnosticado en 7 (8,1%), 18 (20,9%) presentaron disfonía, 8 (6,9%) disnea transitoria y ninguno disfagia > 24h. Las manifestaciones clínicas halladas no son diferentes ni más frecuentes que lo descrito en población general de pacientes intubados con tubos convencionales.

La mortalidad en el grupo de obstrucción de vía aérea superior fue 14,3%, sin diferencias respecto al resto ( $p = 0,53$ ). Se relaciona con la intubación difícil, siendo este factor de riesgo también descrito en población general de intubados.

Los mayores de 50 años, intubados > 72 horas y sin traqueostomía, se seleccionaron para el estudio mediante tomografía multidetector, en total 37 pacientes (43,02%). El tiempo entre extubación y tomografía fue de  $5 \pm 2$  días. En 9 se detectaron lesiones (24,3%), 2 en tráquea, una estenosis leve con engrosamiento del cartílago y otro únicamente engrosamiento del cartílago, y 7 en espacio subglótico, todos engrosamientos mucosos.

De los 7 pacientes con estridor, 4 fueron traqueostomizados y la tomografía multidetector no fue realizada. Los demás, uno no consintió realizar la tomografía y en los otros dos, no se detectaron lesiones.

Entre los pacientes con disnea, la tomografía se realizó sólo en uno, en el que no se detectaron lesiones.

De los 18 pacientes con disfonía, en 8 (44%) la tomografía fue realizada. En uno se observaba estenosis traqueal leve y en otro engrosamiento mucoso a nivel subglótico. La disfonía fue la única manifestación clínica detectada entre los pacientes con lesiones por tomografía.

La incidencia morfológica de lesiones detectadas por tomografía fue baja, y en la región subglótica, fueron leves.

**CONCLUSIONES:** La aspiración continua de secreciones subglóticas no produce complicaciones laringotraqueales superiores a las descritas en población general de intubados y morfológicamente, a nivel subglótico, el daño es leve, por lo que se considera una técnica segura.

10. ANEXO

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

Etiqueta paciente

Caso nº.....

Dgto.ingreso.....

APACHE II.....

Edad.....

Comorbilidades:

- Diabetes.....

- Hepatopatía crónica.....

- EPOC.....

- Neoplasia.....

- I.renal crónica.....

- Cardiopatía.....

- Inmunosupresión..... - Radioterapia.....

- Cirugía.....

- Cirugía cervical.....

**POST-INTUBACION**

Fecha ingreso UCI..... Fecha alta UCI..... Exitus UCI.....

Fecha IOT..... Tubo con subglóticas..... Intubación difícil.....

Cormack..... Frova.... Mascarilla laríngea..... Fastrack.....

IOT extrahospitalaria..... IOT urgente..... Nº Intentos de IOT.....

Diámetro tubo endotraqueal..... Cambio tubo endotraqueal..... Autoextubación.....

Fecha extubación..... Reintubación..... Fecha reintubación.....

Diámetro nuevo tubo ..... Fecha extubación definitiva.....

Estridor..... Disfagia..... Disnea..... Disfonía.....

Traqueostomía..... Quirúrgica..... Percutánea..... Fecha traqueostomía.....

Día IOT	1	2	3	4	5	6	7
Presión media aspiración							

Día IOT	8	9	10	11	12	13	14
Presión media aspiración							

Día IOT	15	16	17	18	19	20	21
Presión media aspiración							

**Resultados TC helicoidal:**

Lesiones traquea..... Lesiones aritenoides..... Lesiones subglóticas.....

**Traquea:**

Estenosis ..... Engrosamiento mucoso.....

Engrosamiento cartílago..... Lesiones ulceradas profundas.....

**Espacio subglótico:**

Estenosis ..... Engrosamiento mucoso.....

Engrosamiento cartílago..... Lesiones ulceradas profundas.....

Otras lesiones significativas.....

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- 
- <sup>1</sup> Leong L, Black AE, *et al.* The design of pediatric tracheal tubes. *Paediatr Anaesth.* 2009;19:38-45.
- <sup>2</sup> Lee JH, Kim CH, Bahk JH, Park KS, *et al.* The influence of endotracheal tube tip design on nasal trauma during nasotracheal intubation: Magill-tip versus Murphy-tip. *Anesth Analg.* 2005;101:1226-1229.
- <sup>3</sup> Dave MH, Frotzler A, Weiss M, *et al.* Closed tracheal suction and fluid aspiration past the tracheal tube. Impact of tube cuff and airway pressure. *Minerva Anesthesiol.* 2011;77(2):166-171.
- <sup>4</sup> White GM, *et al.* Evolution of endotracheal and endobronchial intubation. *Brit J Anaesth* 1960;32(5):235-246.
- <sup>5</sup> Dunn PF, Goulet RL, *et al.* Endotracheal tubes and airway appliances. *Int Anesthesiol Clin* 2000;38(3):65-94.
- <sup>6</sup> Carroll RG, Mc Ginnis, *et al.* Performance characteristics of tracheal cuffs. *Int Anesthesiol Clin* 1974;12(3):111-142.
- <sup>7</sup> Robinson DH, Toledo AH, *et al.* Historical development of modern anesthesia. *J Invest Surg* 2012;25(3):141-149.
- <sup>8</sup> Walson WF, *et al.* Development of the PVC endotracheal tube. *Biomaterials* 1980;1(1):41-46.
- <sup>9</sup> Efrati S, Deustch I, *et al.* Endotracheal tube. *Biomaterials* 1980;1(1):41-46.
- <sup>10</sup> Cooper JD, Grillo HC, *et al.* Analysis of problems related to cuffs on intratracheal tubes. *Chest* 1972;62 (2 suppl) : 218-278.
- <sup>11</sup> Colice GL, *et al.* Technical standarts for tracheal tubes. *Clin Chest Med* 1991;12 (3):433-448.
- <sup>12</sup> Shelly WM, Dawson RB, *et al.* Cuffed tubes as a cause of tracheal estenosis. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 1969;57(5):623-627.
- <sup>13</sup> Hedden M, Ersoz CJ, *et al.* Laryngotracheal damage after prolonged use of orotracheal tubes in adults. *JAMA* 1969;207(4):703-708.
- <sup>14</sup> Cooper JD, Grillo HC, *et al.* The evolution of tracheal injury due to ventilatory asistance through cuffed tubes: a pathologic study. *Ann Surg* 1969;169(3):334-348.
- <sup>15</sup> Miller DR, Sethi G, *et al.* Tracheal stenosis following prolonged cuffed intubation: cause and prevention. *Ann Surg* 1970;17(2):283-293.

- 
- <sup>16</sup> Geffin B, Pontoppidan H, *et al.* Reduction of tracheal damage by the prestretching of inflatable cuffs. *Anesthesiology* 1969;31(5):462-463.
- <sup>17</sup> Kamen JM, Wilkinson CJ, *et al.* A new low-pressure cuff for endotracheal tubes. *Anesthesiology* 1971;34(5):482-485.
- <sup>18</sup> McCormak J, Purdy R, *et al.* Airway complication related to an electromyography tracheal tube. *Paediatr Anaesth* 2008;18(6):572-573.
- <sup>19</sup> Reali-Foster C, Kolobow T, *et al.* New ultrathin walled endotracheal tube with a novel laryngeal seal design. Long-term evaluation in a sheep. *Anesthesiology* 1996;84(1):162-172.
- <sup>20</sup> Trawöger R, Kolobow C, *et al.* Tracheal mucus velocity remains normal in healthy sheep intubated with a new endotracheal tube with a novel laryngeal seal. *Anesthesiology* 1997;86(5):1140-1144.
- <sup>21</sup> Black AM, Seegobin RD, *et al.* Pressures on endotracheal tube cuffs. *Anaesthesiology* 1981;36:498-511.
- <sup>22</sup> Young PJ, Rollinson M, Downward G, Henderson S, *et al.* Leakage of fluid past the trachea tube cuff in a benchtop model. *Br J Anaesth* 1997;78:557-562.
- <sup>23</sup> Owen RL, Cheney FW, *et al.* Endobronchial intubation: a presentable complication. *Anaesthesiology* 1987;67:255-257.
- <sup>24</sup> Pneumatikos IA, Dragoumanis CK, *et al.* Ventilator-associated pneumonia or endotracheal tube-associated pneumonia? An approach to the pathogenesis and prevention strategies emphasizing the importance of endotracheal tube. *Anesthesiology* 2009;110 (3):673-680.
- <sup>25</sup> Torres A, Gatell JM, *et al.* Re-intubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152 (1):111-115.
- <sup>26</sup> Bernhard WN, Cottrell JE, *et al.* Adjustment of intracuff pressure to prevent aspiration. *Anesthesiology* 1979;50 (4):363-366.
- <sup>27</sup> Rello J, Soñora R, Jubert P, Artigas A, Rue M, Vallés J, *et al.* Pneumonia in intubated patients: role of respiratory airway care. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154 (1):111-115.
- <sup>28</sup> Seegobin RD, Van Hasselt GL, *et al.* Endotracheal cuff pressure and trachea mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *British Medical Journal* 1984;288 (6422):965-968.
- <sup>29</sup> Nseir S, Zerimech F, Fournier C, *et al.* Continuous control of tracheal cuff pressure and microaspiration of gastric contents in critically ill patients. *Am J Respirator Crit Care Med* 2011;184(9):1041-1047.

- 
- <sup>30</sup> Pavlin EG, Van Nimwegan D, *et al.* Failure of a high compliance low-pressure cuff to prevent aspiration. *Anesthesiology* 1975;42(2):216-219.
- <sup>31</sup> Dullenkopf A, Schimdt A, *et al.* Air leakage around endotracheal tube cuffs. *Eur J Anaesthesiol* 2004;21(6):448-453.
- <sup>32</sup> Dullenkopf A, Gerber A, *et al.* Fluid leakage past tracheal tube cuffs: evaluation of the new microcuff endotracheal tube. *Intensive Care Med* 2003;29(10):1849-1853.
- <sup>33</sup> Zanella A, Scaravilli V, *et al.* Fluid leakage across tracheal tube cuff, effect of different cuff material, shape, and positive expiratory pressure: a bench-top study. *Intensive Care Med* 2011;37(2):343-347.
- <sup>34</sup> Lorente L, Lecuona M, *et al.* Influence of an endotracheal tube with polyurethane cuff and subglottic secretion drainage on pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;176(11):1079-1083.
- <sup>35</sup> Poelaert J, Depuydt P, *et al.* Polyurethane cuffed endotracheal tubes to prevent early postoperative pneumonia after cardiac surgery: a pilot study. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 2008;135(4):771-776.
- <sup>36</sup> Miller MA, Arndt JL, *et al.* A polyurethane cuffed endotracheal tube is associated with decreased rates of ventilator associated pneumonia. *J Crit Care* 2011;26(3):280-286.
- <sup>37</sup> Bulpa P, Evrad P, *et al.* Polyurethane does not protect better than polyvinyl cuffed tracheal tubes from microaspiration. *Minerva Anesthesiology* 2013;79(5):498-503.
- <sup>38</sup> Zanella A, Cressoni M, *et al.* A double-layer tracheal tube cuff designed to prevent leakage: a benchtop study. *Intensive Care Med* 2008;34(6):1145-1149.
- <sup>39</sup> Pitts R, Fisher D, *et al.* Variables affecting leakage post endotracheal tube cuffs: a bench study. *Intensive Care Med* 2010;36(12):2066-2073.
- <sup>40</sup> Ouanes I, Lyazidi A, *et al.* Mechanical influences on fluid leakage past the tracheal cuff in a benchtop model. *Intensive Care Medicine* 2011;37:695-700.
- <sup>41</sup> Kolobow T, Cressoni M, *et al.* Comparison of a novel lycra endotracheal tube cuff to standard polyvinyl chloride cuff and polyurethane cuff for fluid leak prevention. *Respir Care* 2011;56(8):1095-1099.
- <sup>42</sup> Dave MH, Frotzler A, *et al.* Effect of tracheal tube cuff shape on fluid leakage across the cuff: an in vitro study. *Br J Anaesth* 2010;105:538-543.
- <sup>43</sup> Shiotsuka J, Lefor AT, *et al.* A quantitative evaluation of fluid leakage around a polyvinyl chloride tapered endotracheal cuff using an in-vitro model. *HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth* 2012;4(3):169-175.

- 
- <sup>44</sup> Madjdpour C, Mauch J, *et al.* Comparasion of air-sealing characteristics of tapered vs cylindrical-shaped high volumen, low-pressure tube cuffs. *Acta Anaesthesiol Scand* 2012;56(2):230-23.
- <sup>45</sup> Li Bassi G, Ranzani OT, *et al.* An in vitro study to asses determinant features associated with fluid sealing in the design of endotracheal tube cuffs an exerted tracheal pressures. *Crit Care Med* 2013;41(2):518-526.
- <sup>46</sup> D'Haese J, Keukeleire D, *et al.* Assesment of intraoperative microaspiration: does a modified cuff shape improve sealing? *Acta Anaesthesiol Scand* 2013;57(7):873-880.
- <sup>47</sup> Boston DL, Hite RD, *et al.* The impact f hospital wide use of tapered cuff endotracheal tube on ventilador-associated pneumonia incidence. *Respir Care* 2013;58(10):1582-1587.
- <sup>48</sup> Hwang Jy, Han SH, *et al.* Interrumping gel layer between double cuffs prevents fluid leakage past tracheal tube cuffs. *Br J Anaesthe* 2013;111(3):496-504.
- <sup>49</sup> Philippart F, Gaudry S, *et al.* Randomized intubation with polyurethane or conical cuffs to prevent pneumonia in ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015;191:637-645.
- <sup>50</sup> Rouvière, Henri (2010). Anatomía Humana - Tomo II : Masson.
- <sup>51</sup> Moore, Keith L. (2010). Anatomía con orientación clínica: Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins.
- <sup>52</sup> Stout RM, Bishop MJ, *et al.* Correlation of endotracheal tube size with sore throat and hoarseness following general anesthesia. *Anesthesiology* 1987;67:419-421.
- <sup>53</sup> Pluijms WA, Walther NKA *et al.* Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients:uptodated review. *Critical Care* 2015;19:295.
- <sup>54</sup> Thille AW, Richar JC, Brochard L, *et al.* The decision to extubate in the Intensive Care Unit. *Am J Respi Crit Care Med* 2013;187:1294-1302.
- <sup>55</sup> Mackle T, Meaney J, Timon C, *et al.* Tracheoesophageal compression associated with substernal goitre. Correlation of symptoms with cross-sectional imaging findings. *J Laryngol Otol* 2007;121:358-361.
- <sup>56</sup> Friedman M, Baim H, Shelton V, *et al.* Laryngeal injuries secondary to nasogastric tubes. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1982;90:469-474.
- <sup>57</sup> Santos PM, Afrassiabi A, Weymuller EA, *et al.* Risk factors associated with prolonged intubation and laryngeal injury. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1994;111:453-459.

- 
- <sup>58</sup> Stone DJ, Bogdonoff DL, *et al.* Airway considerations in the management of patients requiring long-term endotracheal intubation. *Anesth Analg* 1992;74:276-287.
- <sup>59</sup> Colton House J, Noordzij JP, Murgia B, Langmore S, *et al.* Laryngeal injury from prolonged intubation: a prospective analysis of contributing factors. *Laryngoscope* 2011;121:596-600.
- <sup>60</sup> Ochoa ME, Marin C, *et al.* Cuff-leak test for the diagnosis of upper airway obstruction in adults: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Medicine* 2009;35:1171-1179.
- <sup>61</sup> Epstein SK, *et al.* Extubation failure: an outcome to be avoided. *Critical Care Med* 2004;8:310-312.
- <sup>62</sup> Tadić JM, Behm E, Lecuyer L, *et al.* Post-intubation laryngeal injuries and extubation failure: a fiberoptic endoscopic study. *Intensive Care Medicine* 2010;36:991-998.
- <sup>63</sup> Darmon JY, Rauss A, Dreyfuss D, *et al.* Evaluation of risk factors for laryngeal edema after trachea extubation in adults and its prevention by dexamethasone. A placebo controlled, double-blind, multicenter study. *Anesthesiology* 1992;77:245-251.
- <sup>64</sup> Engore M, *et al.* Evaluation of the cuff-leak test in a cardiac surgery population. *Chest* 1999;116:1029-1031.
- <sup>65</sup> Brandwein M, Abramson AL, *et al.* Bilateral vocal cord paralysis following endotracheal intubation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1986;112:877-882.
- <sup>66</sup> Weber S, *et al.* Traumatic complications of airway management. *Anesthesiol Clin North America* 2002;20:503-512.
- <sup>67</sup> Poulton T, *et al.* Laryngospasm-induced Pulmonary Edema. *Chest* 1981;80:762-763.
- <sup>68</sup> Barrer J, Martino R, Reichardt B, *et al.* Incidence and impact of dysphagia in patients receiving prolonged endotracheal intubation after cardiac surgery. *Can J Surg* 2009;52:119-124.
- <sup>69</sup> Peterson SJ, Tsai AA, Scala CM, *et al.* Adequacy of oral intake in critically ill patients one week after extubation. *J Am Diet Assoc* 2010;110:427-433.
- <sup>70</sup> Taha MS, Mostaza BE, Fahmy M, *et al.* Spiral CT virtual bronchoscopy with multiplanar reformatting in the evaluation of post-intubation trachea stenosis: comparison between endoscopic, radiological and surgical findings. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009;266:863-868.
- <sup>71</sup> Lins M, Dobbeleir I, Germonpre P, *et al.* Postextubation obstructive pseudomembranes: a case series and review of a rare complication after endotracheal intubation. *Lung* 2011;189:81-86.

- 
- <sup>72</sup> Payne DK, Anderson WM, Romero MD, *et al.* Tracheoesophageal fistula formation in intubated patients. Risk factors and treatment with high-frequency jet ventilation. *Chest* 1990;98:161-164.
- <sup>73</sup> Harley HR, *et al.* Ulcerative tracheo-esophageal fistula during treatment by tracheostomy and intermittent positive pressure ventilation. *Thorax* 1972;27:338-352.
- <sup>74</sup> George DL, Falk PS, Meduri G, *et al.* Nosocomial sinusitis in patients in the medical intensive care unit: a prospective epidemiological study. *Clin Infect Dis* 1998;27(3):463-470.
- <sup>75</sup> Heffner JE, *et al.* Nosocomial sinusitis. Den of multiresistant thieves? *Am J Respirat Crit Care Med* 1994;150:608-609.
- <sup>76</sup> Haro M, Rubio M, *et al.* Avances en broncoscopia. *Med Integral* 2002;39:274-286.
- <sup>77</sup> Touat L, Fournier C, *et al.* Intubation-related tracheal ischemic lesions: incidence, risk factors, and outcome. *Intensive Care Med* 2013;39:575-582.
- <sup>78</sup> Geraci G, Pisello F, *et al.* Complication of flexible fiberoptic bronchoscopy. Literature review. *Ann Ital Chir* 2007;78:183-192
- <sup>79</sup> Jin F, Mu D, *et al.* Severe complications of bronchoscopy. *Respiration* 2008;76:429-33.
- <sup>80</sup> Ruiz López FJ, Valdivia MM, *et al.* Flexible bronchoscopy with only topical anesthesia. *J Bronchol* 2006;13:54-7.
- <sup>81</sup> Prakash UBS, Stubbs SE, *et al.* The bronchoscopy survey. Some reflections. *Chest* 1991;100:1660-67.
- <sup>82</sup> Epstein SK, *et al.* Late complications of artificial airways. *Resp Care* 2005;50:542-549.
- <sup>83</sup> Som PM, Khilnani MT, Keller RJ, Som ML, *et al.* Tracheal stenosis secondary to cuffed tubes. *Mt Sinai J Med* 1973;40:652-665.
- <sup>84</sup> Koletsis EN, Kalogeropoulou C, Prodromaki E, *et al.* Tumoral and no-tumoral trachea stenosis: evaluation with tree dimensional CT and virtual bronchoscopy. *J Cardiothoracic Surg* 2007;18:1-7.
- <sup>85</sup> Naidich DP, Gruden JF, McGuinness G, *et al.* Volumetric CT of the airways. *J Thorac Imaging* 1997;12:11-28.
- <sup>86</sup> Rubin GD, *et al.* Data explosion: the challenge of multideptector row CT. *Eur J Radiol* 2000;36:74-80.
- <sup>87</sup> Salvolini L, Bichi Secchi E, Costarelli L, *et al.* Clinical applications of 2D and 3D CT imaging of the airways: a review. *Eur J Radiol* 2000;34:9-25.

- 
- <sup>88</sup> McAdams HP, Palmer SM, Erasmus JJ, *et al.* Bronchial anastomotic complications in lung transplant recipients: virtual bronchoscopy for noninvasive assesment. *Radiology* 1998;209:689-695.
- <sup>89</sup> Sun M, Armin E, Boiselle PM, *et al.* MDCT of the central airway: comparison with bronchoscopy in the evaluation of complications of endotracheal and tracheostomy tubes. *J Thoracic Imaging* 2007;22:136-142.
- <sup>90</sup> Shehata M, Eldin B, *et al.* Spiral CT virtual bronchoscopy with multiplanar reformatting in the evaluation of post-intubation tracheal stenosis:comparison between endoscopic, radiological and surgical findings. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009;266:863-866.
- <sup>91</sup> Filkenstein SE, Schrupp DS, Nguyen DM, *et al.* Comparative evaluation of super-high resolution CT scan and virtual bronchoscopy for the detection of tracheobronchial malignancies. *Chest* 2003;124:134-142.
- <sup>92</sup> Jones CM, Athanasiou T, *et al.* Do technical parameters affect the diagnostic accuracy of virtual bronchoscopy in patients with suspected airway stenosis? *Eur J Radiol* 2005;55:445-451.
- <sup>93</sup> Carretta A, Melloni G, Ciriaco P, *et al.* Preroperative assessment in patients with postintubation tracheal estenosis. *Surg Endosc* 2006;20:905-908.
- <sup>94</sup> Kamal M, Agnieszka T, Marcin S, *et al.* Evaluation of tracheal stenosis: comparasion between computed tomography virtual tracheobronchoscopy with multiplanar reformatting, flexible tracheofiberoscopy and intra-operative findings. *Eur Arch Otor* 2011;268:591-597.
- <sup>95</sup> Bauer TL, Steiner KV, *et al.* Virtual bronchoscopy: clinical applications and limitations. *Surg oncol Clin N Am* 2007;16:323-328.
- <sup>96</sup> Maniatis PN, Triantopoulou CC, Tsalafoutas IA, *et al.* Virtual bronchoscopy versus thin section computed tomography in evaluation of moderate and low grade stenoses: receiver operating characteristic curve analysis. *Acta Radiol* 2006;47:48-57.
- <sup>97</sup> Hoppe H, Walder B, Sonnenschein M, *et al.* Multidetector CT virtual bronchoscopy to grade tracheobronchial stenosis. *Am J Roentgenol* 2002;178:1195-1200.
- <sup>98</sup> Roy E, *et al.* Radiation Impacts on Human Health: certain, fuzzy, un unknown. *Health Physics*.2014;106:196-205.
- <sup>99</sup> Brenner DJ, Hall EJ, *et al.* Computed tomography: an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007;357:2277-2284.

- 
- <sup>100</sup> Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, *et al.* Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med* 2009;169(22):2071-2077.
- <sup>101</sup> Preston DL, Shimizu Y, Pierce DA, Suyama A, Mabuchi K, *et al.* Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: solid cancer and non-cancer disease mortality:1950-1997. *Radiat Res* 2003;160:381-407.
- <sup>102</sup> William R, Michael K, *et al.* Radiation Risks of Medical Imaging; Separating Fact from Fantasy. *Radiology* 1980;264:312-321.
- <sup>103</sup> Haley RW, Hooton TM, Culver DH, *et al.* Nosocomial infections in US Hospitals, 1975–76: Estimated frequency by selected characteristics of patients. *Am J Med* 1981;70:947-959.
- <sup>104</sup> Cook DJ, Walter SD, *et al.* Incidence and risk factors for ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Ann Intern Med* 1998;129:433-440.
- <sup>105</sup> Sirvent JM, Torres A, El-Ebiary M, Castro P, *et al.* Protective effect of intravenously administered cefuroxime against nosocomial pneumonia in patients with structural coma. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1729-1734.
- <sup>106</sup> Beyersmann J, Kneib T, Schumacher M, *et al.* Nosocomial Infection, length of stay, and time-dependent bias. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009;30:273-276.
- <sup>107</sup> Chastre J, Fagon JY, *et al.* Ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;165:867-903.
- <sup>108</sup> Muscedere JG, Day A, Heyland DK, *et al.* Mortality, attributable mortality, and clinical events as end points for clinical trials of ventilator-associated pneumonia and hospital-acquired pneumonia. *Clin Infect Dis* 2010;51:120-125.
- <sup>109</sup> Lambert ML, Suetens C, Savey A, *et al.* Clinical outcomes of health-care-associated infections and antimicrobial resistance in patients admitted to European intensive-care units: a cohort study. *Lancet Infect Dis* 2011;11:30-38.
- <sup>110</sup> Trouillet JL, Chastre J, Vuagnat A, Joly-Guillou ML, *et al.* Ventilator-associated pneumonia caused by potentially drug-resistant bacteria. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:531-539.
- <sup>111</sup> Rello J, Torres A, *et al.* Microbial causes of ventilator-associated pneumonia. *Semin Respir Infect* 1996;11 :24-31.

- 
- <sup>112</sup> Rello J, Ausina V, Ricart M, Puzo C, Quintana E, *et al.* Risk factors for infection by *Pseudomonas aeruginosa* in patients with ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 1994;20:193-198.
- <sup>113</sup> Vallés J, Peredo R, Burgueño MJ, *et al.* Efficacy of Single-Dose Antibiotic Against Early-Onset Pneumonia in Comatose patients who are Ventilated . *Chest* 2013;143:1219-1225.
- <sup>114</sup> Rello J, Borges MS, Correa H, Leal SR, Baraibar J, *et al.* Variations in ethiology of ventilator-associated pneumonia around four treatment sites: implications for antimicrobial prescribing practices. *Am J Respir Care Med* 1999;160:608-613.
- <sup>115</sup> Namias J, Samiian L, Nino D, Shirazi E, O'Neill K, *et al.* Incidence and susceptibility of pathogenic bacteria vary between ICU within a single hospital: implications for empiric antibiotic strategies. *J Trauma* 2000;49:638-645.
- <sup>116</sup> Cross AS, Roup B, *et al.* Role of respiratory assistanse devices in endemic nosocomial pneumonia. *Am J Med* 1981;70:681-685.
- <sup>117</sup> Craven DE, Driks MR, *et al.* Nosocomial pneumonia in the intubed patient. *Semen Respir Infect* 1987;2:20-33.
- <sup>118</sup> Johanson WG, Pierce AK, *et al.* Nosocomial respiratory infections with gram negative bacilli. The significance of colonization of the respiratory tract. *Ann Intern Med* 1972;77:701-706.
- <sup>119</sup> Johanson WG, Pierce AK, *et al.* Changing pharyngeal flora of hospitalizad patients. Emergence of gram-negative bacilli. *N Engl J Med* 1969;281:1137-1140.
- <sup>120</sup> Higuchi JH, Johanson WG, *et al.* The relationship between adherence of *Pseudomonas aeruginosa* to upper respiratory cells in Vitro and susceptibility to colonization in vivo. *J Lab Clin Med* 1980;95:698-705.
- <sup>121</sup> Louria DB, Kaminski T, *et al.* The effects of four antimicrobial drug regimens on sputum superinfection in hospitalized patients. *Am Rev Respir Dis* 1962;85:649-665.
- <sup>122</sup> Craven DE, Steger KA, Barber TW, *et al.* Preventing nosocomial pneumonia state of the art and perspectivas for the 1990s. *Am J Med* 1991;91: 44S-54S.
- <sup>123</sup> Tobin MJ, Grenvik A, *et al.* Nosocomial Lung Infection and its diagnosis. *Crit Care Med* 1984;12:191-199.
- <sup>124</sup> Sottile FD, MarrieTJ, *et al.* Nosocomial pulmonary infection : Possible etiologic signifficance of bacterial adhesion to endotracheal tubes. *Crit Care Med* 1986 ;14:265-270.

- 
- <sup>125</sup> Guardiola JJ, Sarmiento X, *et al.* Neumonía asociada a ventilación mecánica: riesgos, problemas y nuevos conceptos. *Medicina Intensiva* 2011;25:113-123.
- <sup>126</sup> Greene R, Thompson S, *et al.* Detection of pooled secretions above endotracheal tube cuffs: value of plain radiographs in sheep cadavers and patients. *AJR Am J Roentgenol* 1994;163:1333-1337.
- <sup>127</sup> Inglis TJ, Lim TM, *et al.* Structural features of tracheal tube biofilm formed during prolonged mechanical ventilation. *Chest* 1995;108:1049-1052.
- <sup>128</sup> Rouby JJ, Laurent P, *et al.* Risk factors and clinical relevance of nosocomial maxillary sinusitis in the critically ill. *Am J Resp Crit Care Med* 1994;150:776-783.
- <sup>129</sup> Diaz E, Rodriguez AH, Rello J, *et al.* Ventilator-Associated Pneumonia: Issues Related to the Artificial Airway. *Respir Care* 2005 ;50:900-906.
- <sup>130</sup> Kollef MH, Morrow LE, Niederman MS, *et al.* Clinical characteristics and treatment patterns among patients with ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2006;129:1210-1218.
- <sup>131</sup> Agbaht K, Díaz E, Muñoz T, Lisboa F, *et al.* Bacteremia in patients with ventilator-associated pneumonia is associated with increased mortality: a study comparing bacteremic vs nonbacteremic ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med* 2007;35:2064-2070.
- <sup>132</sup> Kollef MH, Afessa B, Anzueto A, Veremakis C, *et al.* Silver-coated endotracheal tubes and incidence of ventilator-associated pneumonia: the NASCENT randomized trial. *JAMA* 2008;300:805-813.
- <sup>133</sup> Ibrahim EH, Ward S, Sherman G, Schaiff R, *et al.* Experience with a clinical guideline for the treatment of ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med* 2001;29:1109-1115.
- <sup>134</sup> Tablan OC, Anderson LJ, Besser R, Bridges C, *et al.* Guidelines for preventing health-care-associated pneumonia, 2003: recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. *MMWR Recomm Rep* 2004;53:1-36.
- <sup>135</sup> Dodek P, Keenan S, Cook D, Heyland M, Jacka L, *et al.* Evidence-based clinical practice guideline for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med* 2004;141:305-313.
- <sup>136</sup> Masterton RG, Galloway A, French G, Street M, *et al.* Guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia in the UK: report of the working party on hospital-acquired pneumonia of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy. *J Antimicrob Chemother* 2008;62:5-34.

- 
- <sup>137</sup> Muscedere J, Dodek P, Keenan S, Fowler R, *et al.* Comprehensive evidence-based clinical practice guidelines for ventilator-associated pneumonia: prevention. *J Crit Care* 2008;23:126-137.
- <sup>138</sup> Coffin SE, Klompas M, Classen D, Arias KM, Podgorny K, *et al.* Strategies to prevent ventilator-associated pneumonia in acute care hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29:S31-S40.
- <sup>139</sup> Torres A, Ewig S, Lode H, Carlet J, *et al.* Defining, treating and preventing hospital acquired pneumonia: European perspectiva. *Intensive Care Med* 2009;35:9-29.
- <sup>140</sup> Rello J, Lode H, Cornaglia G, Masterton R, *et al.* A European care bundle for prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 2010;36:773-780.
- <sup>141</sup> Lorente L, Blot S, Rello J, *et al.* New issues and controversies in the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2010;182:870-876.
- <sup>142</sup> American Thoracic Society (ATS) and Infectious Diseases Society of America (IDSA). Guidelines for the management of adults with hospital-acquired, ventilator-associated, and healthcare-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171:388-416-
- <sup>143</sup> Resar R, Pronovost P, Haraden C, Simmonds T, *et al.* Using a bundle approach to improve ventilator care processes and reduce ventilator-associated pneumonia. *Jt Comm J Qual Patient Saf* 2005;31:243-248.
- <sup>144</sup> Lorente L, Blot S, Rello J, *et al.* Evidence on measures for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Eur Respir J* 2007;30:1193-1207.
- <sup>145</sup> Óbice JM, White RL, *et al.* Cost-effective application of the Centres for Disease Control Guideline for Prevention of Nosocomial Neumonia. *Am J Infect Control* 1985;13:228-232.
- <sup>146</sup> Joiner GA, Salisbury D, *et al.* Utilizing quality assurance as a tool for reducing the risk of nosocomial ventilador-associated pneumonia. *Am J Med Qual* 1996;11:100-103.
- <sup>147</sup> Kelleghan SI, Salemi C, *et al.* An effective continuous quality improvement approach to the prevention of ventilador-associated pneumonia. *Am J Infect Control* 1993;21:322-330.
- <sup>148</sup> Gaynes RP, Solomon S, *et al.* Improving hospital-acquired infection rates: the CDC experience. *Jt Comm J Qual Improv* 1996;22:457-467.
- <sup>149</sup> Nava S, Ambrosino N, *et al.* Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1998;128:721-728.

- 
- <sup>150</sup> Antonelli M, Conti G, *et al.* A comparison of noninvasive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 1998;339:429-435.
- <sup>151</sup> Kollef MH, *et al.* The prevention of ventilator-associated pneumonia. *N Engl J Med* 1999 ;340:627-634.
- <sup>152</sup> García-Hierro P, De la Cal MA, Van Saene JFK, Silvestri L, *et al.* Un nuevo ensayo clínico con descontaminación digestiva selectiva. *Med Intensiva* 2009;33:297-300.
- <sup>153</sup> Kola A, Eckmanns T, Gastmeier P, *et al.* Efficacy of heat and moisture exchangers in preventing ventilator-associated pneumonia: meta-analysis of randomized controlled trials. *Intensive Care Med* 2005;31:5-11.
- <sup>154</sup> Jongerden IP, Rovers MM, Grypdonck MH, Bonten MJ, *et al.* Open and closed endotracheal suction systems in mechanically ventilated intensive care patients: a meta-analysis. *Crit Care Med* 2007;35:260-270.
- <sup>155</sup> Delaney A, Gray H, Laupland KB, Zuege DJ, *et al.* Kinetic bed therapy to prevent nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 2006;10:70-79.
- <sup>156</sup> Marik PE, Zaloga GP, *et al.* Gastric versus post-pyloric feeding: a systematic review. *Crit Care Med* 2003;7:R46-R51.
- <sup>157</sup> Chan EY, Ruest A, Meade MO, Cook DJ, *et al.* Oral decontamination for prevention of pneumonia in mechanically ventilated adults: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2007;334:889-895.
- <sup>158</sup> Falagas ME, Siempos II, Bliziotis IA, Michalopoulos A, *et al.* Administration of antibiotics via the respiratory tract for the prevention of ICU-acquired pneumonia: a meta-analysis of comparative trials. *Crit Care* 2006;10:123-137.
- <sup>159</sup> Rumbak MJ, Newton M, Truncale T, Schwartz SW, *et al.* A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. *Crit Care Med* 2004;32:1689-1694.
- <sup>160</sup> Dunham MC, LaMonica C, *et al.* Prolonged tracheal intubation in the trauma patient. *J Trauma* 1984;24:120-124.
- <sup>161</sup> Rodriguez JL, Steinberg SM, Luchetti FA, Gibbons JK, *et al.* Early tracheostomy for primary airway management in the surgical care setting. *Surgery* 1990;108:655-659.
- <sup>162</sup> Sugerman HJ, Wolfe L, Pasquale MD, Rogers FB, *et al.* Multicenter, randomized, prospective trial of early tracheostomy. *J Trauma* 1997;43:741-747.

- 
- <sup>163</sup> Rello J, Lorente C, Díaz E, Bodí M, *et al.* Incidence, etiology and outcome of nosocomial pneumonia in ventilated patients requiring tracheotomy. *Chest* 2003;124:2239-2243.
- <sup>164</sup> Kaye K, Marchaim D, Smialowicz C *et al.* Suction regulators: A potential vector for hospital-acquired pathogens. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2010;31:772-774.
- <sup>165</sup> Torres A, Serra-Batllés J, Ros E, Piera C, Puig de Bellacasa J, Cobos A, *et al.* Pulmonary aspiration of gastric contents in patients receiving mechanical ventilation: the effect of body position. *Ann Intern Med* 1992;116:540-543.
- <sup>166</sup> Mahul P, Auboyer C, Jospe R, Ros A, Guerin C, Khouri Z, *et al.* Prevention of nosocomial pneumonia in intubated patients. *Intensive Care Medicine* 1992;18:20-25.
- <sup>167</sup> Vallés J, Artigas A, Rello J, Bonsoms N, *et al.* Continuous Aspiration of Subglottic Secretions in preventing Ventilador- Associated Pneumonia. *Ann Intern Med* 1995;122:179-186.
- <sup>168</sup> Onofrio JM, Toews GB, *et al.* Granulocyte-alveolar-macrophage interaction in the pulmonary clearance of *Staphylococcus aureus*. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:335-341.
- <sup>169</sup> Toews GB, Gross GN, *et al.* The relationship of inoculum size to lung bacterial clearance and phagocytic cell response in mice. *Am Rev Respir Dis* 1979;120:559-566.
- <sup>170</sup> Levine SA, Niederman MS, *et al.* The impact of tracheal intubation on host defenses and risks for nosocomial pneumonia. *Clin Chest Med* 1991;12:523-543.
- <sup>171</sup> Schwartz SN, Dowling JN, *et al.* Sources of gram-negative bacilli colonizing the trachea of intubated patients. *J Infect Dis* 1978;138:227-231.
- <sup>172</sup> Kollef MH, Skubas NJ, Sundt TM, *et al.* A randomized clinical trial of continuous aspiration of subglottic secretions in cardiac surgery patients. *Chest* 1999;116:1239-1246.
- <sup>173</sup> Bo H, He L, Qu J, *et al.* Influence of subglottic secretion drainage on the morbidity of ventilator associated pneumonia in mechanically ventilated patients. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi* 2000;23:472-474.
- <sup>174</sup> Smulders K, Van der Hoeven H, *et al.* A randomized Clinical Trial of Intermittent subglottic secretion drainage in Patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2002;121:858-862.
- <sup>175</sup> Girou E, Buu-Hoy A, *et al.* Airway colonisation in long-term mechanically ventilated patients. Effect of semi-recumbent position and continuous subglottic suctioning. *Intensive Care Med* 2004;30:225-233.

- 
- <sup>176</sup> Miller RL, Cole RP, *et al.* Association between reduced cuff leak volume and postextubation stridor. *Chest* 1996 ;110:1035-1040.
- <sup>177</sup> Darmon JY, Rauss A, *et al.* Evaluation risk factors for laryngeal edema after tracheal extubation in adults and its prevention by dexamethasone. *Anesthesiology* 1992;77:245-251.
- <sup>178</sup> Berra L, Lorenzo DM, Mauro P, *et al.* Evaluation of continuous aspiration of subglottic secretion in an in vivo study. *Crit Care Med* 2004;32:2071-2078.
- <sup>179</sup> Panigada M, Berra L, Greco G, *et al.* Bacterial colonization of the respiratory tract following tracheal intubation-effect of gravity: an experimental study. *Crit Care Med* 2003;31:729-737.
- <sup>180</sup> Greco G, Panigada M, Kolobow T, *et al.* Effect of tracheal tube position on tracheo-bronchial and lung bacterial colonization and nosocomial pneumonia. *Abstr. Am J Respirat Crit Care Med* 2001;163:A803.
- <sup>181</sup> Dezfulian C, Shojania K, Collard H, *et al.* Subglottic secretion drainage for preventing ventilator-associated pneumonia: a meta-analysis. *American Journal of Medicine* 2005;118:11-18.
- <sup>182</sup> Seneff MG, Zimmerman JE, Knaus WA, *et al.* Predicting the duration of mechanical ventilation. The importance of disease and patient characteristics. *Chest* 1996;110:469-479.
- <sup>183</sup> Harvey R, Preston MD, *et al.* Potential Mucosal Injury Related to Continuous Aspiration of Subglottic Secretion Device. *Anesthesiology* 2007;107:666-669.
- <sup>184</sup> Dragoumanis MD, Vretzakis G, *et al.* Investigating the failure to Aspirate Subglottic Secretions with the Evac Endotracheal Tube. *Anesthesia&Analgesia* 2007;105:1083-1085.
- <sup>185</sup> Bouza E, Perez MJ, *et al.* Continuous Aspiration of Subglottic secretions in the prevention of ventilator-associated pneumonia in the postoperative period of Major Heart Surgery. *Chest* 2008;134:938-946.
- <sup>186</sup> Lacherade JC, DeJonghe BD, *et al.* Intermittent subglottic secretion drainage and ventilator-associated Pneumonia. *Am Respir Crit Care Med* 2010;182:910-917.
- <sup>187</sup> Shorr A, O'Malley P, *et al.* Continuous subglottic suctioning for the prevention of ventilator-associated pneumonia: potential economic implications. *Chest* 2001;119:228-235.
- <sup>188</sup> Muscedere MD, Oleska MD, *et al.* Subglottic secretion drainage for the prevention of ventilator-associated pneumonia: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 2011;39:1985-1991.

- 
- <sup>189</sup> Juneja D, Javeri Y, Omender S, *et al.* Comparing influence of intermittent subglottic secretions drainage with/without closed suction systems on the incidence of ventilator associated pneumonia. *Indian J Crit Care Med* 2011;15:168-172.
- <sup>190</sup> Wang F, Lulong MD, *et al.* Subglottic secretion drainage for preventing ventilator-associated pneumonia: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *J Trauma* 2012;72:1276-1285.
- <sup>191</sup> Frost SA, Azeem BN, Alexandrou MPH, *et al.* Subglottic secretion drainage for preventing ventilator associated pneumonia: A meta-analysis. *Australian Critical Care* 2013;26:180-188.
- <sup>192</sup> Damas P, Fripiat F, Ancion A, *et al.* Prevention of ventilator-associated pneumonia and ventilator-associated conditions: a randomized controlled trial with subglottic secretion suctioning. *Crit Care Med* 2015;43:22-30.
- <sup>193</sup> Díaz E, Lorente L, *et al.* Neumonía asociada a la ventilación mecánica. *Med Intensiva* 2010;34:318-324.
- <sup>194</sup> Hugonnet S, Eggimann P, Borst F, Maricot P, Chevrolet JC, Pittet D, *et al.* Impact of ventilator-associated pneumonia on resource utilization and patient outcome. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004;25:1090-1096.
- <sup>195</sup> Fernandez J, Levine S, Restrepo M, *et al.* Technologic advances in endotracheal tubes for prevention of ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2012;142:231-238.
- <sup>196</sup> Gómez K, Roca I, Aguirre E, *et al.* Lesiones laringotraqueales en pacientes con intubación prolongada o traqueotomía. *Med Intensiva* 2012;36:43.
- <sup>197</sup> Morshed K, Trojanowska A, Scymannsky *et al.* Evaluation of tracheal stenosis: comparison between computed tomography virtual tracheobronchoscopy with multiplanar reformatting, flexible tracheofiberoscopy and intra-operative findings. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2011;268:591-597.
- <sup>198</sup> Hoppe H, Dinkel HP, Walder B, *et al.* Grading airway stenosis down to the segmental level using virtual bronchoscopy. *Chest* 2004;125:704-711.
- <sup>199</sup> Shehata MS, Mostafa BE, Fahmy M, *et al.* Spiral CT virtual bronchoscopy with multiplanar reformatting in the evaluation of post-intubation tracheal stenosis: comparison between endoscopic, radiological and surgical findings. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009;266 :863-866.
- <sup>200</sup> Cormack RS, Lehane J, *et al.* Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984;39:1105-1011.
- <sup>201</sup> Yentis SM, Lee DJ, *et al.* Evaluation of an improved scoring system for the grading of direct laryngoscopy. *Anaesthesia* 1998;53:1041-1044.

- 
- <sup>202</sup> Alves Mota LA, Barbosa G, *et al.* Laryngeal complications by orotracheal intubation: Literature review. *Int Arch Otorhinolaryngol* 2012;16:236-245.
- <sup>203</sup> Goldsmith T, *et al.* Evaluation and treatment for swallowing disorders following endotracheal intubation and tracheostomy. *Int anesthesiol Clin* 2000;38:219-242.
- <sup>204</sup> Skoretz SA, Flowers HL, *et al.* The incidence of dysphagia following endotracheal intubation: a systematic review. *Chest* 2012;137: 665-673.
- <sup>205</sup> Fernandez A, Peñas L, *et al.* Exploración y abordaje de la disfagia secundaria a vía aérea artificial. *Medicina Intensiva* 2011;36:423-433.
- <sup>206</sup> Stauffer JL, Olson DE, *et al.* Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy: a prospective study of 150 critically ill adult patients. *AM J Med* 1981;70:65-67.
- <sup>207</sup> Bryant LR, Trinkel JK, *et al.* Reappraisal of tracheal injury from cuffed tracheostomy tubes. Experiments in dogs. *JAMA* 1971;215:625-628.
- <sup>208</sup> Colice GL, Stukel TA, *et al.* Laryngeal complications of prolonged intubation. *Chest* 1989;96:877-884.
- <sup>209</sup> Dubick MN, Wright BD, *et al.* Comparison of laryngeal pathology following long-term oral and nasal endotracheal intubations. *Anesth Analg* 1978;57:663-668.
- <sup>210</sup> Donnelly WH, *et al.* Histopathology of endotracheal intubation. *Arch Pathol* 1969;88:511-520.
- <sup>211</sup> Way WL, Sooy FA, *et al.* Histologic changes produced by endotracheal intubation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1965;74:799-813.
- <sup>212</sup> Mackenzie CF, Shin B, *et al.* Sever stridor after prolonged endotracheal intubation using high-volume cuffs. *Anesthesiology* 1979;50:235-239.
- <sup>213</sup> Anene O, Meert KL, *et al.* Dexamethasone for the prevention of postextubation airway obstruction: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Crit Care Med* 1996;24:1666-1669.
- <sup>214</sup> Hartley M, Vaughan RS, *et al.* Problems associated with tracheal extubation. *Br J Anaesth* 71:561-568.
- <sup>215</sup> Ho Li, Harn HJ, *et al.* Postextubation laryngeal edema in adults. Risk factor evaluation and prevention by hydrocortisone. *Intensive Care Med* 1996;22:933-936.
- <sup>216</sup> Sandhu RS, Pasquale MD, *et al.* Measurement of endotracheal tube cuff leak to predict postextubation stridor and need of reintubation. *J Am Coll Surg* 2000;190:682-687.

- 
- <sup>217</sup> De Bast Y, De Backer D, *et al.* The cuff leak test to predict failure of tracheal extubation for laryngeal edema. *Intensive Care Medicine* 2002;28:1267-1272
- <sup>218</sup> Jaber S, Chanques G, *et al.* Post-extubation stridor in intensive care unit patients. Risk factors evaluation and importance of the cuff-leak test. *Intensive Care Medicine* 2003;29:69-74.
- <sup>219</sup> Maury E, Guglielminotti J, *et al.* How to identify patients with no risk for postextubation stridor? *J Crit Care* 2004;19:23-28.
- <sup>220</sup> Kriner EJ, Shafazand S, *et al.* The endotracheal cuff leak test as a predictor for postextubation stridor. *Respir Care* 2005;50:1632-1638.
- <sup>221</sup> Ding LW, Wang HC, *et al.* Laryngeal ultrasound: a useful method in predicting post-extubation stridor. A pilot study. *Eur Respir J* 2006;27:384-389.
- <sup>222</sup> Cheng KC, Hou CC, *et al.* Intravenous injection of methylprednisolone reduces the incidence of postextubation stridor in intensive care units patients. *Crit Care Med* 2006;34:1345-1350.
- <sup>223</sup> Lee CH, Peng MJ, *et al.* Dexamethasone to prevent postextubation airway obstruction in adults: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Crit Care* 2007;11: R72
- <sup>224</sup> Cheng KC, Chen CM, *et al.* Methylprednisolone reduces the rates for postextubation stridor and reintubation associated with attenuated cytokine responses in critically ill patients. *Minerva Anesthesiology* 2011; 77:503-509.
- <sup>225</sup> Gros A, Holzapfel L, Marque S, *et al.* Intra-individual variation of the cuff-leak test as a predictor of post-extubation stridor. *Respir Care* 2012;57: 2026-2031.
- <sup>226</sup> François B, Bellissant E, *et al.* 12-h pretreatment with methylprednisolone versus placebo for prevention of postextubation laryngeal edema: a randomised double-blind trial. *Lancet* 2007;369:1083-1089.
- <sup>227</sup> Suthearasan Y, Theerawit P, *et al.* Predicting laryngeal edema in intubated patients by portable intensive care unit ultrasound. *J Crit Care* 2013;28:675-680.
- <sup>228</sup> Arnaud W, Jean-Christophe M, *et al.* The decision to Extubate in the Intensive Care Unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:1294-1302.
- <sup>229</sup> Vallverdú I, Calaf N, *et al.* Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:489-493.

- 
- <sup>230</sup> Namen AM, Ely EW, *et al.* Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:658-664.
- <sup>231</sup> Mokhlesi B, Tulaimat A, *et al.* Predicting extubation failure after successful completion of a spontaneous breathing trial. *Respir Care* 2007;52:1710-1717.
- <sup>232</sup> Esteban A, Alia I, *et al.* Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respirat Care Med.* 1997;156:459-465.
- <sup>233</sup> Esteban A, Alia I, Tobin MJ, *et al.* Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respirat Crit Care Med* 1999;159:512-518.
- <sup>234</sup> Epstein SK, Ciubotaru RL, *et al.* Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:489-493.
- <sup>235</sup> Daley BJ, Garcia-Perez F, *et al.* Reintubation as an outcome predictor in trauma patients. *Chest* 1996;110:1577-1580.
- <sup>236</sup> Frutos-Vivar F, Esteban A, *et al.* Outcome of reintubated patients after scheduled extubation. *Journal of Critical Care* 2011;26:502-509.
- <sup>237</sup> Thille AW, Richar JC, Brochard L, *et al.* The decision to extubate in the Intensive Care Unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:1294-1302.
- <sup>238</sup> Mehta AB, Syeda SN, *et al.* Trends in tracheostomy for mechanically ventilated patients in the United States, 1993-2012. *Am J Resp Crit Care Med* 2015;192:446-454.
- <sup>239</sup> Esteban A, Antonio Anzueto MD, *et al.* Characteristics and Outcomes in Adult Patients Receiving Mechanical Ventilation. A 28-Day International Study. *JAMA* 2002;287:345-355.
- <sup>240</sup> Kastanos, Estopá R, Marín A, *et al.* Laryngotracheal injury due to endotracheal intubation: incidence, evolution, and predisposing factors. A prospective long-term study. *Crit Care Med* 1983; 11:362-367.